

LA MISE EN VALEUR DU DOMAINE HYDRO-ÉLECTRIQUE FRANÇAIS

THÈSE POUR LE DOCTORAT

présentée et soutenue le 5 Décembre 1934, à 14 heures

PAR

Louis FERRAND

INGÉNIEUR I. E. G.

Président : M. Albert AFTALION, Professeur

<i>Suffragants</i> }	MM. Achille MESTRE, Georges SCELLE.	} <i>Professeurs</i>
----------------------	--	----------------------

LIBRAIRIE

DU

RECUEIL SIREY

(SOCIÉTÉ ANONYME)

22, Rue Soufflot, PARIS (V°)

1934



Digitized by the Internet Archive
in 2026

LA MISE EN VALEUR
DU
DOMAINE HYDRO-ÉLECTRIQUE
FRANÇAIS

**La Faculté n'entend ni approuver, ni désapprouver
les opinions émises dans les thèses; ces opinions
doivent être considérées comme propres à leurs
auteurs.**

LA MISE EN VALEUR DU DOMAINE HYDRO-ÉLECTRIQUE FRANCAIS

THÈSE POUR LE DOCTORAT

présentée et soutenue le 5 Décembre 1934, à 14 heures

PAR

Louis FERRAND

INGÉNIEUR I. E. G.

Président : M. Albert AFTALION, Professeur

Suffragants { MM. Achille MESTRE, } *Professeurs*
 { Georges SCELLE. }

LIBRAIRIE

DU

RECUEIL SIREY

(SOCIÉTÉ ANONYME)

22, Rue Soufflot, PARIS (V°)

1934



A la très chère mémoire
de mon frère
ALBERT
tué à l'ennemi
a la bataille de la Somme
Juillet 1916

AVANT-PROPOS

Le problème de la mise en valeur du domaine hydro-électrique français, que nous nous sommes proposé dans ce travail, comporte un double aspect :

1°. Aménager, c'est-à-dire créer les capitaux fixes producteurs, grâce auxquels la puissance vive des chutes d'eau peut être transformée en énergie électrique.

2°. Utiliser, c'est-à-dire transformer cette énergie électrique en biens ou en services, suivant diverses voies d'utilisation, et de plus régler l'investissement des capitaux fixes producteurs, de façon que ces capitaux ne risquent pas d'être exposés, sans trouver en face d'eux, les voies d'utilisation permettant de les « renter ».

Ainsi le voudrait tout au moins, une économie minutieusement réglée, et le problème ainsi posé de façon aussi générale, pourrait s'appliquer à toutes les branches de la production.

Il présente toutefois, dans ce cas, des difficultés particulières tenant à la durée exceptionnellement longue de formation des capitaux fixes, et à l'heure actuelle, cet ajustement des moyens de production et des voies d'utilisation, est loin d'être réalisé.

Nous avons ainsi été amené à procéder à une étude critique d'un phénomène économique, le suréquipement, qui n'épargne pas les autres industries, mais revêt dans l'industrie hydro-électrique, une gravité singulière en raison de l'énormité des capitaux mis en jeu.

La difficulté dans un tel travail allait être d'apporter de la clarté dans les divisions du sujet, et de dégager une idée centrale servant de thème.

Le titre I devait tout naturellement être consacré à la morphologie du domaine hydro-électrique, préface indis-

pensable, suivie d'une étude montrant dans quelle mesure les lois économiques générales : loi de concentration, loi du rendement décroissant, loi de concurrence, reçoivent leur application à la matière du sujet traité.

Le titre II, entrant dans le vif du sujet, aura pour objet l'étude des trois aspects fondamentaux : juridique, financier, économique du problème d'ensemble traité : la mise en valeur de notre domaine hydro-électrique.

Le titre III sera la partie proprement constructive de notre travail où seront exposées des solutions positives, dont d'ailleurs les principes se trouvent en germe ou à l'état d'ébauches parfois assez avancées dans certaines réalisations industrielles de l'heure présente.

L'idée centrale : la mise à jour lente, pénible, dont la charge revient presque entièrement à l'initiative privée, d'un des plus beaux joyaux de notre domaine national ; œuvre qui peut être féconde, et contribuer puissamment à notre relèvement économique, à condition que l'initiative privée, maîtresse de l'œuvre, soit aidée à point nommé, sans quoi, livrée à ses propres forces, elle risque d'être acculée à une impasse.

Il nous reste à remercier et à assurer de toute notre gratitude : M. le Professeur Aftalion, qui a bien voulu se charger de diriger ce travail, ainsi que les diverses personnalités des Administrations centrales et des grandes sociétés, qui ne nous ont pas ménagé aide et conseils, et nous ont dispensé une substantielle documentation : M. Launay, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur des Forces hydrauliques et des Distributions d'énergie électrique, et M. Genissieu, Ingénieur en chef de ce même service au ministère des Travaux Publics ; M. Préaud, Directeur des Eaux et du Génie rural au ministère de l'Agriculture ; M. Maroger, Président du Conseil d'Administration, et M. Tochon, Administrateur-directeur de la Chambre Syndicale des Forces hydrauliques, de l'Electrométallurgie, de l'Electro-chimie et des industries qui s'y rattachent ; M. Gustave Mercier, Administrateur-délégué, et M. Genthial, Directeur de l'Union Hydro-électrique ; M. Ailleret, Directeur de l'Union pour l'Industrie et l'Electricité.

INTRODUCTION

L'idée d'utiliser la force mécanique de l'eau n'est pas nouvelle et les premiers écrits qui en fassent mention datent du II^e siècle avant notre ère¹.

Elle ne le fût d'abord qu'à l'aide d'appareils très rudimentaires (roues à palettes ou à augets), d'un rendement hydraulique médiocre et il faut attendre l'ère des grandes inventions, dans la première moitié du XIX^e siècle, pour voir apparaître, avec les turbines, des appareils d'utilisation plus perfectionnés de cette source d'énergie naturelle.

C'est seulement à la fin du XIX^e siècle que d'autres inventions : les générateurs d'électricité, le transport de l'énergie électrique et la réversibilité des machines électriques, le four électrique, l'électrolyse industrielle, la lampe à incandescence etc... allaient donner à la « houille blanche », pour employer la pittoresque expression de Cavour, cet essor prodigieux qui est un des grands faits économiques de l'époque moderne, tout comme l'avait été, dans la première moitié du siècle, l'invention de la machine à vapeur.

Il importe de bien marquer la part décisive, mais en quelque sorte indépendante, qui, dans cet essor, doit être attribuée à l'invention de l'électricité. Houille blanche et électricité sont maintenant inséparables et si, chronologiquement, la première nommée de ces bonnes fées est certainement l'aînée de la seconde, elle n'en doit pas moins à sa cadette sa brillante existence. Elle lui doit tout au moins « ses ailes », sans lesquelles elle serait restée rivée au flanc des montagnes.

Qu'eût-on fait des turbines si l'on n'avait eu à mettre

1. M. Châlons, *L'évolution des turbines*, 3^e Congrès de la Houille Blanche, Section Technique, 7^e Rapport.

au bout une dynamo ? Peu de chose, sans doute et l'invention de Fourneyron n'eût été qu'un perfectionnement mécanique des antiques roues de moulin. Qu'eût-on fait enfin de cette énergie électrique si Marcel Deprez n'avait montré le moyen de la transporter à distance. Ses emplois, si nombreux et si variés aujourd'hui, ne se seraient-ils pas réduits à quelques applications isolées ?

En revanche, Zénobie Gramme, si Fourneyron ne l'avait précédé, aurait pu fort bien se contenter de l'invention de James Watt, pour actionner sa dynamo et la houille noire n'aurait jamais vu surgir, dans le domaine de la production de l'électricité, son envahissante concurrente.

Ces adjectifs de couleur, accolés au mot « houille », devaient faire fortune. Pour nous en tenir à la houille dite « blanche », qui restera le centre de ce travail, et avant d'aborder l'étude des richesses hydrauliques propres à la France, il importe de donner quelques renseignements numériques d'ordre général, précisant l'importance des richesses hydrauliques des principaux pays du monde et leur degré d'utilisation.

A.) D'après une statistique de U.S. Geological Survey de 1920, la puissance hydraulique totale dans le monde était de 16.000.000 de kw, représentant environ 5,4 % de la puissance totale susceptible d'être captée et qui s'élèverait à 300.000.000 de kw. Il est à peine besoin d'ajouter que ces estimations doivent être considérées seulement comme des ordres de grandeur, susceptibles de varier, non seulement suivant les sources d'informations utilisées, mais aussi suivant les hypothèses qui sont obligatoirement à la base de tout calcul de ce genre et notamment l'opinion des hydrauliciens consultés sur les possibilités d'aménagement des chutes inventoriées.

Une deuxième statistique de la même origine donnait, en 1927, les renseignements suivants. Pour une puissance globale susceptible d'être captée, évaluée à 340.000.000 de kw, 24.000.000 de kw étaient alors équipés, soit un accroissement de 50 % en 7 années.

Si l'on retire de ces chiffres ceux concernant le continent africain (140.000.000 de kw sur lesquels 8.000 seulement

seraient équipés 1), il reste pour les autres continents environ 200.000.000 de kw sur lesquels l'Europe s'en adjuge 43.000.000, 9.500.000 étant équipés, soit 22 %, et l'Amérique du Nord 49.000.000, 12.000 000 étant équipés, réalisant ainsi un pourcentage d'équipement de 25 %, un peu supérieur à celui de l'Europe.

B.) La Dresdner Bank donnait, dans sa publication *Les forces économiques du monde*, troisième édition, Berlin 1930, les renseignements statistiques rassemblées dans le tableau suivant :

	Forces hydrauliques existantes	Forces hydrauliques déjà utilisées				
	Milliers de kw	1924		1927		1924=100
		kw 10 ³	U %	kw 10 ³	U %	
Allemagne	5.000	800	16	1.170	23	145
Grande-Bretagne	625	180	30	180	30	100
France	4.000	1.540	39	1.540	39	100
Norvège et Suède ...	9.200	2.350	25	2.400	26	103
Suisse.....	3.000	1.000	33	1.400	47	140
Espagne	3.000	740	25	740	25	100
Italie	2.800	1.320	47	1.700	60	128
Russie d'Europe	16.000	74	0,45	180	1,1	240
Autres pays d'Europe	9.600	740	7,5	740	7,5	100

Si l'on met à part le domaine hydro-électrique russe, dont le développement, il y a dix ans, était à peu près nul et dont on s'explique ainsi les très rapides progrès, les deux pays d'Europe qui auraient poussé le plus loin l'équipement de leur domaine hydraulique, seraient l'Italie d'abord, la Suisse ensuite, ce qui s'explique aisément par le désir légitime de ces deux pays, dépourvus de houille, de réduire le plus possible leurs importations charbonnières.

Cette tendance est la seule indication que l'on puisse retirer de ces chiffres, que des statistiques de sources différentes sont loin de confirmer.

Comparant enfin le degré d'électrification des principaux pays, la Dresdner Bank indique que la puissance mécanique totale actionnant les machines existant actuellement dans l'industrie, est produite par l'électricité sans que l'origine en soit précisée, pour environ 50 % en Angleterre, 70 % en

Allemagne, 75 % aux Etats-Unis. Les pays d'industrialisation plus ancienne, comme l'Angleterre et qui, de plus, ont d'abondantes ressources charbonnières, ont dû, lors de leur premier équipement industriel, adopter des moteurs thermiques qu'ils hésitent à remplacer. Ce degré d'électrification est encore plus avancé dans les pays comme la Norvège, la Suède, le Canada, dont l'industrialisation repose essentiellement sur l'exploitation de leurs forces hydrauliques.

Comme second indice d'électrification, la Dresdner Bank relève, dans les principaux pays, l'étendue du réseau de voies ferrées électrifiées et le compare au développement total du réseau.

PAYS	Etendue du réseau électrifié en km.	% du réseau total
Allemagne	1.290	2, 4 %
France	1.250	2, 3 —
Angleterre	640	1, 6 —
Italie	1.251	5, 9 —
Hollande	135	3, 7 —
Autriche	557	7, 9 —
Russie	34	0, 1 —
Suisse	3.466	62, 3 —
Etats-Unis	2.880	0, 7 —
Canada	2.798	4, 3 —
Japon	540	2, 4 —

Sauf la Suisse, où le chemin de fer est roi, on voit que l'électrification des voies ferrées est encore assez peu poussée, même dans des pays très industrialisés. Pour les pays dont les ressources en houille sont abondantes, cela n'a rien de surprenant. Pour les autres, cette hésitation doit être attribuée à l'importance des capitaux à investir qui peut inciter à la réflexion, réflexion d'autant plus justifiée que la controverse d'ordre technique sur le choix de la nature du courant, n'incitait aucunement à la hâte. Cette situation méritait d'être signalée, car ce domaine est un de ceux où la houille blanche a sans doute le plus de chance, en France tout au moins, de prendre l'avantage, sur la houille noire.

C.) D'après le Rapport Général sur l'Industrie Française publié en 1919 par la Direction des Etudes Techniques

du ministère du Commerce, la puissance totale en eaux moyennes des chutes d'eau susceptibles d'être aménagées dans les principaux pays d'Europe, serait la suivante :

France	7.000.000	kw
Norvège	5.500.000	-
Suède	5.000.000	-
Autriche-Hongrie	4.750.000	-
Italie	4.000.000	-
Espagne	3.650.000	-
Suisse	2.200.000	-
Allemagne	1.070.000	-
Grande-Bretagne	390.000	-

Si l'on en croit une brochure éditée en 1930, par la *Svenska Vattenkraftföreningen*, et dont les estimations sont basées sur les rapports présentés à la session de Londres de la Conférence mondiale de l'énergie, le classement par ordre de puissances disponibles décroissantes serait un peu différent :

Norvège	9.000.000	kw
France	5.800.000	-
Suède	4.800.000	-
Italie	3.700.000	-
Yougoslavie	4.000.000	-
Allemagne	2.600.000	-
Suisse	2.400.000	-
Autriche	1.900.000	-
Finlande	950.000 ²	-

Toutes ces statistiques sont, on le voit, assez divergentes, ce qui montre mieux leur incertitude.

On remarquera entre autres, en reprenant la statistique de la Dresdner Bank, que l'Allemagne s'y trouve, un peu imprudemment peut être, placée en première ligne, avec 5 millions de kw. Les deux autres statistiques citées ne lui en reconnaissent que 1.070.000 et 2.600.000 ? Ce sont des écarts sérieux.

L'Italie, de 2.800.000 kw dans la statistique allemande, passe à 3.650.000 dans la statistique française et 3.700.000

2. Tous ces chiffres ont été repris par M. Ulrich dans son rapport devant le Conseil National Economique, 7^e série, J. O. du 23 août 1933 — annexe 38 — où nous les avons puisés.

dans la statistique suédoise ; la France, de 4.000.000 kw à 7.000.000 et 5.800.000.

Nous conserverons, à titre d'ordre de grandeur, le deuxième de ces chiffres qu'adopte la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques dans ses annuaires, ainsi que de nombreux auteurs notamment M. Pawlosky (*Annuaire de la Houille Blanche* 1922) après une enquête poursuivie dans les départements français, avec l'aide des pouvoirs publics et des industriels. La statistique de la production de l'énergie électrique, éditée par le ministère des Travaux Publics, évaluait d'ailleurs à 6.599.862 kw la puissance normale disponible des usines hydrauliques en fonctionnement, en construction, ou en projet, au 1^{er} janvier 1931.

Si l'on compare maintenant à ces puissances *possibles*, dont seul l'ordre de grandeur nous est connu, les productions effectivement réalisées, on va voir combien, dans la plupart des pays, cette source de richesses naturelles est encore très loin d'être complètement exploitée. Nos renseignements statistiques seront évidemment dans cette matière beaucoup plus sûrs puisqu'ils traduisent l'activité d'industries existantes.

Pays	Puissance installée	Energie produite	Puissance moyenne réalisée	% d'énergie hydraulique
	1	2	3	4
	kw 10 ³	kw h 10 ⁶	kw 10 ³	
Etats-Unis	7.742	29.205 (1)	3.300	23 %
Canada	4.404	17.782 (2)	2.070	98 —
Italie	3.880	10.450 (4)	1.200	97 —
Japon	2.812	12.478 (3)	1.425	88 —
France	2.328	6.876 (6)	783	45 —
Norvège	1.650	10.400 (5)	1.190	100 —
Allemagne	1.070	3.070 (8)	350	19 —
Suisse	1.035	3.575 (7)	408	100 —
Espagne	931	2.382 (9)	272	91 —
Finlande	230	834 (10)	95	—
Grande-Bretagne .	124	320 (11)	36,5	3 —

Les renseignements de ce tableau se rapportent à l'année 1930, J.O. 23 août 1933, *Annexe 33, Rapport Ulrich*.

Nous avons indiqué dans la colonne 4, par rapprochement avec d'autres renseignements statistiques puisés aux mêmes sources, la proportion que représente l'énergie d'origine

hydraulique par rapport à l'énergie électrique totale consommée dans chacun des pays considérés. Les chiffres de la colonne 3, ont été déduits de ceux de la colonne 2 en les divisant par 8.760 h. : ils représentent donc la puissance permanente qu'il eût suffi de faire fonctionner toute l'année pour produire la même quantité d'énergie.

L'ordre établi pour la colonne 1 (Puissance installée) ne se maintient pas pour les colonnes 2 et 3, ce qui veut dire que les équipements réalisés, par suite de l'irrégularité du débit des chutes, ne sont pas utilisés partout de la même manière. En particulier, on est frappé par l'importance des aménagements réalisés en Italie, à la suite de la politique de mise en valeur systématique des richesses nationales poursuivie dans ce pays depuis la guerre. Le coefficient d'utilisation réalisé n'y est guère cependant que de 1/3. Il est du même ordre pour la France et atteint 40 % pour la Suisse, 50 % pour le Japon, 72 % pour la Norvège, ce dernier résultat s'expliquant par la constance remarquable du débit des chutes d'eau, dans ce pays, en raison de l'abondance des réservoirs d'accumulation naturels dont il est doté.

D.) Si l'on compare maintenant les puissances effectivement *réalisées* avec les puissances *possibles*, ou, si l'on veut, l'énergie potentielle (d'après la statistique du ministère du Commerce), on voit que la mise en valeur des richesses hydrauliques existantes était réalisée en 1930 jusqu'à concurrence de 32 % pour l'Allemagne, 30 % pour l'Italie, 22 % pour la Norvège, 19 % pour la Suisse, 11 % pour la France, 9 % pour la Grande-Bretagne et 7,5 % pour l'Espagne.

Ainsi que nous le disions plus haut, la mise en valeur de la houille blanche est donc bien loin d'être intégralement réalisée dans la plupart des pays d'Europe.

Si ce résultat s'explique aisément pour l'Espagne, en raison du faible degré d'industrialisation de ce pays, pour l'Angleterre qui n'éprouve pas le besoin, à juste titre, en raison de l'abondance de ses ressources charbonnières, de tirer un meilleur parti de ses ressources hydrauliques, d'ailleurs modiques, il s'explique beaucoup moins bien pour

la France, puisque, important de 33 à 40 % de sa consommation de combustibles minéraux, il semble à première vue qu'elle aurait intérêt à diminuer ces importations, en utilisant davantage les ressources de son domaine hydro-électrique, qui, au surplus, nous l'avons vu, est un des plus riches d'Europe.

Ce trait, qu'il importe de souligner, se précise si l'on considère la part de l'énergie d'origine hydraulique, dans l'énergie électrique totale consommée par chaque pays. Pour l'Espagne, le Canada, l'Italie, la Suisse, la Norvège, cette part est supérieure à 90 %, atteignant pratiquement 100 % pour les deux derniers. Ces pays étant également dépourvus de houille, le développement de leur industrialisation, la prospérité générale du pays règlent l'aménagement de leurs forces hydrauliques, seule source d'énergie électrique.

A l'opposé, les trois plus gros producteurs de houille du monde, Etats-Unis, Grande-Bretagne, Allemagne, se caractérisent, comme on pouvait s'y attendre, par une prédominance marquée de l'énergie électrique d'origine thermique. Cette prédominance est presque totale pour la Grande-Bretagne (97 % contre 3 %) qui n'a pas de chute d'eau, encore très marquée pour les Etats-Unis (77 %) et l'Allemagne (81 %) qui, bien que disposant de richesses hydrauliques sans emploi, encore abondantes, préfèrent tirer de leurs réserves charbonnières l'énergie électrique dont elles ont besoin. Exportatrices de houille, ces nations ont tout intérêt à l'utiliser pour la production de leur énergie électrique, puisqu'aussi bien, les immobilisations de capitaux qu'exige ce mode de production sont incomparablement moindres.

Entre les deux groupes, la France se caractérise par un équilibre presque parfait entre ces deux formes de production de l'énergie électrique, car, s'il y a une certaine supériorité de l'énergie d'origine thermique, celle-ci n'est pas très marquante.

Cette situation est-elle favorable à l'économie générale du pays ? Cet équilibre doit-il être maintenu, ou, au contraire, doit-il être rompu en faveur de la houille branche, la France rejoignant les nations du premier groupe à prédominance hydro-électrique, ainsi qu'elle pourrait y pré

tendre en raison de la richesse de son domaine naturel. Bien des ingénieurs le souhaitent et leurs arguments ne manquent pas de valeur. Ils s'appuient en général sur le fait que nos gisements charbonniers sont loin d'être illimités, d'aucuns prévoyant leur épuisement dans un laps de temps de l'ordre de 150 ans, alors que nos chutes d'eau constituent un réservoir d'énergie inépuisable, encore très incomplètement aménagé.

M. Maroger, dans son rapport au Conseil National économique³ estimait à 58 milliards de kilowatts-heure la capacité de production moyenne de nos chutes d'eau en fonctionnement, en construction ou en projet. Sur ce total, la capacité de production des usines en service au 1^{er} janvier 1933 est de l'ordre de grandeur de 11 milliards de kilowatts-heure, qui ne sont présentement utilisés que dans la proportion de 70 % en moyenne. Le gisement encore à exploiter serait donc de l'ordre de 47 *milliards* de kilowatts-heure, qui représentent un peu plus du triple de notre consommation totale actuelle d'énergie électrique de toute provenance.

Tout semblerait donc nous inciter à poursuivre résolument la mise en valeur de ces richesses naturelles encore si mal exploitées. La détresse de notre industrie houillère dans les années d'après-guerre, le désir de doter notre pays d'installations productrices d'électricité, le rendant moins tributaire de l'étranger, devaient y contribuer également.

Les bonnes volontés, les concours techniques et financiers les plus empressés, l'enthousiasme même, pour l'accomplissement de cette tâche qui s'avérait d'importance nationale, n'ont point fait défaut.

Les déclarations de M. le Professeur Blanchard, au 3^e Congrès de la Houille Blanche⁴ en 1925, exprimaient à cette époque le sentiment général.

« Cet empressement universel qui, dans toutes les contrées du globe, jette les hommes à la conquête des forces hydrauliques, n'est-il pas de nature à amener une sorte de saturation des besoins ? N'y a-t-il pas là une sorte d'engoue-

3. J. O., 23-8-33, Annexe 38, p. 907.

4. 3^e Congrès de la Houille Blanche, Grenoble 1925, Section économique et financière, 1^{er} Rapport, p. 13.

ment susceptible de déterminer une pléthore d'énergie ? C'est le contraire qui se produit. En fait, la création des usines de houille blanche est toujours en retard sur les besoins ; comme l'équipement d'une chute réclame nécessairement un gros capital de premier établissement, on ne l'effectue que lorsqu'on est sûr de pouvoir placer le courant. Aussi, loin d'avoir des kilowatts disponibles, l'industrie de la houille blanche en est toujours à court, surtout pendant les saisons de débit minimum des rivières. Dans le Sud-Est de la France, où l'industrie hydro-électrique tient une si grande place dans la vie économique, la pénurie de kilowatts est, peut-on dire, à l'état chronique ».

Neuf années ont passé et cette pénurie d'énergie à l'état chronique, que signalait M. le Professeur Blanchard, est devenue pléthore. Le danger d'engorgement qu'il redoutait au début de sa déclaration, pour le rejeter aussitôt, est devenu réalité. Ce phénomène de surproduction, ou plus exactement de *production empêchée*, car il ne saurait y avoir dans ce domaine de production effective sans une consommation concomitante, a son origine, ce n'est pas douteux, dans la crise générale qui dévaste le monde depuis quatre années. Mais il affecte ici une gravité particulière, en raison de l'énormité des capitaux exposés, de l'impossibilité à peu près absolue de réduire les frais de production dès lors que l'entreprise est créée, et quelle que soit son activité.

La saturation des besoins que redoutait, sans y croire, M. le Professeur Blanchard, dans sa déclaration citée plus haut est-elle effective ? Les entreprises de production ont-elles fait preuve d'un optimisme excessif, peuvent-elles se reprocher une erreur manifeste dans l'appréciation de ces besoins ; nous ne le croyons pas. Nous sommes plutôt ici, et tout au moins pour notre pays, en présence d'une rupture d'accord, par suite d'un défaut d'adaptation des prix, entre une puissance de produire existante et des besoins latents.

Sans doute est-ce là une opinion que l'on pourrait formuler à propos de la plupart des phénomènes de surproduction que l'on déplore actuellement dans le monde. Mais elle peut être soutenue avec plus de vraisemblance dans ce

domaine, car l'industrie électrique est une des dernières venues et si, comme bien d'autres, la crise générale est venue pour un temps la paralyser, elle recèle encore, en raison même de sa jeunesse, des possibilités de perfectionnement technique et de développement auxquelles ne peuvent peut-être pas prétendre certaines de ses aînées.

Telles sont les principales questions que nous nous proposons d'examiner dans ce travail.

E.) Avant d'en terminer avec cette introduction, nous voudrions encore, pour achever de préciser la physionomie au point de vue économique de l'industrie qui va nous occuper, donner quelques renseignements d'ordre général sur l'importance des capitaux qui y sont investis, de son chiffre d'affaires, du personnel qu'elle occupe, par comparaison avec d'autres branches de l'activité nationale.

M. André Janet, ingénieur des Ponts et Chaussées, dans son rapport au Conseil National Economique ⁵ donnait les chiffres suivants :

Industries	Valeur des capitaux en milliards de francs
Chemins de fer	55
Industrie électrique	20
Industrie chimique	15
Mines de charbon	12
Sidérurgie	5

Ce tableau placerait l'industrie électrique au premier rang des industries françaises, immédiatement après les chemins de fer. Il importe toutefois de remarquer que toutes les industries auxquelles elle est comparée sont beaucoup plus anciennes, et qu'elles n'ont été l'objet depuis la dévaluation et la stabilisation monétaire, que d'un développement relatif beaucoup plus restreint. La comparaison des capitaux investis ne peut donc être faite que sous le bénéfice de cette réserve, touchant les variations de valeur de l'unité monétaire.

Nous verrons dans la suite que la part revenant à l'industrie hydro-électrique proprement dite et aux industries

5. *J. O.*, 23-8-33, Annexe 38, p. 93.

qui s'y rattachent est sensiblement supérieure à la moitié du chiffre cité pour l'ensemble de l'industrie électrique française.

M. Marlio ⁶ estime que le chiffre d'affaires de l'industrie électrique française dans son ensemble a été, pour l'année 1929, de 12 milliards de francs, dont 5 milliards pour la vente du matériel électrique et 7 milliards pour la vente du courant, les chiffres relatifs à l'électrochimie et autres usages, pour lesquels l'énergie électrique ne fait pas l'objet d'une vente directe, n'étant pas compris.

A la même époque, l'industrie des chemins de fer occupait 550.000 personnes, l'industrie automobile 330.000 (non compris les chauffeurs), les charbonnages 300.000. Par contre, le personnel qu'exigent les diverses branches de l'industrie électrique est relativement peu nombreux :

Electrochimie — électrométallurgie	15.000
Entreprises de construction et d'installation	20.000
Entreprises de production et de distribution	30.000
Construction de matériel électrique	100.000
	165.000

ce qui est un des caractères de cette industrie : gros capitaux, main-d'œuvre réduite.

F.) Définitions. — L'unité de puissance électrique que nous emploierons sera le kilowatt (abréviation kw) ; l'unité d'énergie, le kilowatt-heure (abréviation kwh), c'est-à-dire l'énergie développée par une puissance de 1 kw pendant 1 heure. Exceptionnellement, nous pourrions employer une autre unité de puissance, assez fréquemment usitée, le cheval (abréviation CV) qui égale 0,736 kw.

Ces unités sont des unités de puissance vraie, *active*, dans le langage des électriciens, c'est-à-dire susceptible de se transformer en énergie mécanique, calorifique, lumineuse.

Une autre notion de la puissance que nous utiliserons est celle de la *puissance apparente*. C'est le produit de la tension (en volts) par l'intensité (en ampères) multiplié par le coefficient 1.732, s'il s'agit, comme c'est le plus souvent le cas, d'une machine triphasée. En divisant ensuite par

6. « L'Industrie électrique », *Revue des Deux Mondes*, 15 nov. 1931.

1.000, on a la puissance apparente en kilovolt-ampères (abréviation kva). C'est l'unité employée quand on veut définir la *puissance installée* d'une centrale et c'est la seule définition précise, puisqu'elle ne dépend que des caractéristiques des machines, voulues par le constructeur et inscrites sur les plaques signalétiques des machines. Malheureusement, elle ne signifie pas grand chose, quand on veut définir *l'effet utile, la puissance active* susceptible d'être produite par une machine électrique ou une centrale. Il faut alors faire intervenir une autre notion, qui exigerait, pour la préciser, des développements techniques hors de propos : celle du *facteur de puissance*. Ce facteur de puissance, généralement compris entre 0,8 et 1, ne dépend que de la nature des récepteurs d'utilisation. En multipliant la puissance apparente en kva, qui définit la machine en elle-même, par ce facteur de puissance, on a la puissance active, ou utile, ou vraie, la seule qui entre en ligne de compte au point de vue commercial.

En outre, il est normal, suivant le degré de sécurité que l'on veut obtenir, d'installer dans une centrale plus de groupes qu'il ne pourra en être actionné simultanément.

La puissance installée d'une centrale est donc celle de tous les générateurs d'énergie en état de fonctionnement, y compris les groupes de réserve, mais non compris les groupes auxiliaires ou de service nécessaires aux services accessoires. Cette notion permet, entre plusieurs usines comparables, de se faire une idée relative de l'importance des capitaux dépensés, mais elle ne saurait donner qu'une idée vague de la production d'énergie *possible* de l'usine.

Dans les usines thermiques, la puissance des machines est souvent inférieure à celle des chaudières. Dans les usines hydrauliques, les machines installées ne peuvent tourner toutes à la fois qu'à certains moments de l'année ; souvent même, on installe des groupes de réserve, ne pouvant jamais fonctionner en même temps que les autres et susceptibles seulement de les remplacer, en cas de défaillance.

C'est pour définir cette production d'énergie *possible* qu'intervient la notion de *puissance normale disponible*, quotient par 8760, nombre d'heures de l'année, du nombre total de kwh, qu'il est *techniquement* possible de produire

dans l'année, en utilisant au maximum l'installation. En d'autres termes, c'est :

a) Pour les usines thermiques, la puissance des machines qu'il est possible de faire fonctionner simultanément.

b) Pour les usines hydrauliques, la puissance relative au débit moyen (quotient du volume écoulé pendant un certain nombre d'années, par le nombre de secondes correspondant) et à la hauteur de chute correspondante. Ces données sont déterminées sur une période aussi longue que possible ; ce ne sont que des moyennes et si on opérait sur une année isolée, on trouverait un chiffre tantôt inférieur (années sèches), tantôt supérieur (année humide) à la véritable puissance normale disponible.

On a pris l'habitude de rapporter cette puissance, non pas à l'usine, avec les machines et ouvrages effectivement installés et le rendement qu'ils ont en réalité, mais bien à la chute, équipée de machines et d'ouvrages fictifs, de rendement global (mécanique et électrique) *conventionnellement égal à 70 %* (exactement 71,2 %). Ce rendement de 71,2 % étant admis, d'une façon uniforme, la puissance normale disponible d'une chute s'exprime en kilowatts, par l'expression simple $7 QH$ où Q est le débit moyen annuel dérivé, en mètres cubes par seconde, et H , la hauteur de chute en mètre. Ce rendement conventionnel est en fait très voisin de ceux qui sont réalisés⁷.

G.) *Sources statistiques.* — Nous avons utilisé, d'une façon générale, les statistiques établies par le Service central des forces hydrauliques et des distributions d'énergie électrique du ministère des Travaux Publics. Ces statistiques, qui sont d'ailleurs les statistiques officielles reproduites par l'*Annuaire de la Statistique de la France* et par l'*Annuaire de la Chambre Syndicale des forces hydrauliques*, ont été régulièrement établies à partir de 1923, date que nous avons choisie comme point de départ de notre étude.

Les statistiques ministérielles sont alimentées par les renseignements recueillis sur place auprès des intéressés,

7. *Annuaire de la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques*, 1934, p. 605. Statistique du Service central des forces hydrauliques et des distributions d'énergie électrique (ministère des Travaux Publics).

sur leurs propres déclarations. Sauf pour les usines concédées sous le régime de la loi de 1919, sur lesquelles les ingénieurs des Ponts et Chaussées ont un droit de contrôle effectif, ces déclarations doivent être tenues pour exactes sans qu'il soit possible de les vérifier. En fait, elles sont assez souvent sous-estimées à dessein par les industriels, lorsqu'ils craignent que ces renseignements, communiqués à l'Administration, ne soient un jour utilisés par le fisc comme élément de vérification de leurs déclarations fiscales.

Les statistiques, établies d'ailleurs avec le plus grand soin, n'en ont pas moins, d'une année à l'autre, une valeur de comparaison.

Une deuxième source statistique nous a été fournie par la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques, qui a fort obligeamment mis à notre disposition sa documentation d'ordre intérieur, et notamment les rapports annuels qu'elle destine à ses seuls adhérents.

Ce groupement, qui réunit 90 % des producteurs d'énergie hydraulique, ainsi que les entreprises électro-métallurgiques, est évidemment mieux placé pour obtenir de ses propres adhérents des déclarations sincères. Elles ont seulement l'inconvénient de ne pas englober la totalité des entreprises, et notamment de ne pouvoir faire état des petites usines, autrement qu'en puisant elles-mêmes aux sources officielles.

Enfin, les travaux du Conseil National Economique ont donné lieu en 1927 et en 1933, dans la première et la septième série de ses rapports, à des compte-rendus très substantiels qui constituent, en raison de la notoriété de leurs auteurs et des vues personnelles qui s'y trouvent exposées, une excellente source bibliographique.

TITRE I

Le domaine hydro-électrique français

Ses caractères

Les lois économiques

CHAPITRE PREMIER

CONSIDERATIONS GENERALES

Section I

Caractères économiques de l'énergie électrique en général et en particulier de l'énergie hydro-électrique

Assez difficilement saisissable, au point de vue physique, dans sa nature intime, l'énergie électrique ne l'est pas moins quand on veut la définir au point de vue économique proprement dit.

§ 1. *Ses effets*

En dehors de ses effets physiologiques sur le corps humain, l'énergie électrique se manifeste à nos sens par des effets mécaniques, calorifiques, lumineux, d'où vont découler ses principales voies d'utilisation.

Enfin, quelques-uns de ces effets (mécaniques et calorifiques) vont permettre de la définir et de lui attribuer une unité de mesure et de compte.

a) *Effets calorifiques.* — Chacun sait que l'énergie électrique peut se transformer en énergie calorifique. Le physicien Joule a donné l'équivalence de cette transformation et c'est la loi qui porte son nom que l'on applique lorsqu'on dit *qu'un kilowatt-heure, unité de mesure technique et commerciale de l'énergie électrique, vaut 864 calories.*

Cette équivalence fondamentale confère à l'énergie

électrique le caractère d'une grandeur physiquement définie et mesurable.

On la retrouve dans toutes les applications (et elles sont innombrables) où l'on utilise les effets calorifiques de l'énergie électrique, dès lors que l'on connaît le *coût* en calories du phénomène que l'on veut produire (chauffage de l'eau, vaporisation, réaction chimique, etc...).

De plus, ces applications calorifiques peuvent s'effectuer dans toute la gamme des températures et des puissances, depuis le débonnaire petit radiateur d'appartement qui dissipe dans une pièce ses 400 ou 500 calories dans l'heure, jusqu'au four électrique orgueilleux, quelque peu terrifiant pour les profanes et qui, lui, en accumulant ses quatre ou cinq millions de calories dans l'heure, dans un espace plus petit qu'une pièce de modestes dimensions, clos d'épaisses murailles, veut rivaliser avec le soleil. C'est, croyons-nous, Moissan qui, le premier, a eu le mérite de montrer les possibilités quasi-indéfinies de l'énergie électrique dans le domaine des hautes températures. Ce n'est qu'une question de puissance à accumuler dans un petit espace clos de parois qui ne fondent pas, assez épaisses et de nature telle qu'elles empêchent l'énergie calorifique ainsi accumulée de s'évader.

Nous retrouverons cette extrême variété dans les effets, dans toutes les applications de l'électricité.

b) *Effets mécaniques.* — C'est la catégorie des effets de l'énergie électrique qui, sans doute, donne lieu aux applications les plus étendues, à coup sûr, aux consommations les plus considérables. L'énergie électrique, issue elle-même d'un moteur mécanique, se débarrasse de sa forme transitoire, protéiforme et un peu mystérieuse qui lui avait permis de se transporter au loin, de se diviser à l'infini, pour redevenir de l'énergie mécanique, et faire tourner les usines, l'atelier de l'artisan, tirer les trains, etc...

Cette transformation ne s'opère point comme la précédente, intégralement. Elle donne lieu à des pertes, sous forme calorifique, représentées par la différence à 100, du rendement des moteurs électriques chargés d'opérer cette transformation. Aussi cette transformation ne peut-elle s'exprimer par un coefficient précis, puisqu'il faudrait faire intervenir le rendement de transformation, lequel dépend

de la perfection de la construction du moteur employé. Tout au plus pourrait-on écrire, qu'au rendement près, 1 kilogrammètre, c'est-à-dire le travail nécessaire pour élever 1 kilogramme à 1 m. de hauteur, est égal à :

$$\frac{0,736 \text{ kw}}{75} = 0,0098 \text{ kw, c'est-à-dire } 1/100 \text{ de l'unité de}$$

puissance électrique consommée, le kilowatt. Malgré cette imperfection de la transformation, la suprématie de l'énergie électrique pour produire l'énergie mécanique est certaine, précisément en raison de ses possibilités d'extrême division et de transport à de grandes distances ; et l'on n'utilise plus guère la force d'expansion de la vapeur, sans la transformer transitoirement en énergie électrique, que dans des applications isolées, et la traction des trains ou la propulsion des navires.

Au contraire, les transformations du groupe précédent d'énergie électrique en énergie calorifique, bien que s'opérant avec un rendement égal à l'unité luttent difficilement avec les modes anciens de production de l'énergie calorifique, vieux comme le monde, et qui consistent à utiliser le phénomène de combustion des combustibles minéraux, végétaux ou organiques. Cette énergie calorifique, à l'état potentiel, des combustibles est en effet libérée directement au point où on veut l'utiliser, à l'aide d'appareils qui, dans leur principe, sont toujours fort simples, et si l'utilisation qui en est faite est souvent médiocre, le coût de production, s'agissant de matières que la nature nous procure, est lui-même minime. Tout au plus, emploie-t-on parfois, pour la mieux diviser, la distribuer, la transporter à courte distance, un fluide porteur de cette énergie calorifique qui sera l'eau, la vapeur, l'air. Tous ces modes de production et d'utilisation de l'énergie calorifique étaient connus des peuples anciens. Mais ils ne paraissent pas avoir aperçu le moyen de la transformer en énergie mécanique, qui était tirée directement des forces naturelles (vent, eau courante) à l'aide d'appareils rudimentaires, et le plus souvent de la force musculaire de l'homme et des animaux, amplifiée à l'aide de machines simples (levier, poulies, treuils, etc...).

c) *Effets lumineux*. — C'est ici le domaine des triomphes incontestés de l'électricité, et seul le gaz d'éclairage peut

encore lutter contre elle, dans les villes tout au moins, sans prétendre d'ailleurs à autre chose que de conserver ses positions acquises. C'est cependant le domaine où la transformation de l'énergie électrique s'opère avec un rendement infime. Il ne faut pas oublier en effet qu'une très faible partie de l'énergie est rayonnée dans la très courte gamme des radiations visibles à l'œil, le reste étant dissipé sans produire aucun effet lumineux. Les ingénieurs éclairagistes sont, ils le savent bien, très inférieurs au ver luisant qui, lui, produit sa goutte de lumière avec un rendement qui est, dit-on, voisin de l'unité. Dans ce domaine donc, tous les progrès sont permis et la lampe à incandescence, qui fit le triomphe et la fortune d'Edison, sera peut-être détrônée un jour.

Encore bien moins que celles du groupe précédent, cette transformation ne peut s'exprimer à l'aide d'un coefficient d'équivalence précis. Chacun cependant a entendu son électricien lui vanter les mérites des lampes demi-watt : ce sont des lampes qui consomment un demi-watt, c'est-à-dire le $1/2000$ de l'unité de puissance électrique, pour donner une unité de lumière, la bougie, seule survivance dans le langage moderne de la chandelle de nos pères.

d) *Effets électrolytiques.* — Il faut signaler enfin un dernier effet de l'électricité, qui a donné lieu à des applications industrielles sans nombre. C'est le phénomène d'électrolyse (du grec *lisis*, décomposition) qui consiste à provoquer, par le passage d'un courant électrique, le dépôt ou le dégagement des éléments simples d'un corps composé dissous dans l'eau ou fondu, de façon à former un milieu conducteur de l'électricité. On ne fait plus ici appel aux effets calorifiques de l'électricité, qu'elle partage avec toutes les sources de chaleur, mais a un effet très particulier mis en lumière par Volta, Bunsen, Faraday entre autres, bien avant la découverte de l'électricité industrielle. Il en découle toutes les applications industrielles de l'électrochimie (fabrication de l'aluminium, soude, chlore, hydrogène, etc...).

En outre, les physiciens en ont tiré un moyen de mesure très précis des quantités d'électricité. On dit, par exemple, qu'un ampère, pendant 1 heure, peut déposer 4,03 gr.

d'argent, 1, 175 gr. de cuivre, etc...¹. Il n'est plus question ici de puissances, d'énergie, mais seulement de quantités d'électricité. La notion de puissance réapparaît quand on fait le bilan de l'opération et qu'on constate que, pour faire passer X ampères au travers d'un bain électrolytique, il a fallu dépenser finalement de l'énergie électrique exprimée en watts ou kilowatts. C'est bien entendu ce que l'on considère dans les applications industrielles.

Ce rappel d'histoire des techniques nous a paru indispensable pour bien dégager les caractères économiques de l'énergie électrique, et en tirer des considérations qui nous seront fort utiles dans l'étude des prix.

Au point où nous en sommes de nos explications, il apparaît que l'énergie électrique peut être *physiquement* bien définie, donc mesurée et qu'elle est susceptible d'applications extrêmement variées, qui se placent dans toute l'échelle des utilités économiques.

Elle est douée enfin d'une souplesse d'emploi que peu de biens économiques possèdent. Elle est en particulier susceptible d'addition pour être accumulée dans un petit espace et y produire des effets calorifiques ou lumineux intenses ; ou de transformations pour être transportée au loin par grandes masses. Elle est susceptible aussi d'une extrême division, quasi illimitée pour être distribuée et utilisée sur une multitude d'appareils.

L'énergie électrique nous apparaît en définitive comme un bien d'une nature particulière, essentiellement fongible, qui n'est pas une marchandise au sens courant de ce mot, mais se rapprocherait plutôt d'un service, puisqu'elle n'est perceptible à nos sens que par les effets qu'on en tire.

Elle peut satisfaire, soit des besoins individuels, soit des besoins collectifs (éclairage public, transports en commun). Elle sera offerte à des groupes de consommateurs très différents, au point de vue économique, dont la nature des besoins, considérés pour le groupe entier, sera extrêmement variable, d'un groupe à l'autre. Les uns voudront

1. Nous n'avons voulu viser dans tout ce qui précède que des effets *tangibles* de l'électricité, quantitativement mesurables. Nous ne voulons pas dire par là qu'ils soient effectivement utilisés pour mesurer l'énergie électrique. Les compteurs d'électricité reposent en effet sur un tout autre principe.

s'éclairer ou se chauffer, d'autres voudront faire tourner leurs machines, d'autres encore voudront se livrer à la fabrication de certains produits.

On aperçoit ainsi le rôle que jouera dans l'étude des prix la notion de valeur d'usage, telle qu'on la conçoit dans les théories modernes de la valeur. En raison de l'extrême variabilité des besoins que l'énergie électrique peut satisfaire, et bien qu'il s'agisse d'un bien toujours identique à lui-même, nous aurons plusieurs prix, dont chacun d'eux se sera formé au sein d'un groupe de consommateurs particulier, par le jeu des appréciations psychologiques individuelles. L'ensemble de tous ces prix ou plutôt de ces groupes de prix gravitant autour d'un même centre fournira une échelle de prix très étendue, allant de 3 à 4 cm. pour certains usages industriels utilisant des résidus d'énergie jusqu'à 2 à 3 francs dans certains secteurs pour de l'énergie lumière.

Il n'y a qu'échec apparent à la loi de l'unité de prix, car ici, il n'y a pas qu'un groupe d'objets *in genere*, faisant l'objet de l'échange, mais plusieurs groupes, ces groupes étant différenciés, non pas par la nature des objets qui les composent puisqu'ils sont identiques, mais par l'usage qui en sera fait d'un commun accord entre les deux échangistes, ainsi que les conditions de lieu et de temps de cet emploi. Au sein de chaque groupe se formera une courbe de la demande, dont l'allure dépendra de l'élasticité des besoins à satisfaire. C'est ainsi, par exemple, que dans le groupe des consommateurs qui veulent simplement éclairer leur habitation, la demande sera indifférente, tout au moins peu sensible aux variations de prix. Il n'en sera pas de même pour d'autres usages domestiques. Il arrivera même qu'un même consommateur se trouvera dans deux groupes différents, et acceptera parfaitement de payer le même bien à deux prix différents, suivant l'usage qu'il veut en faire. (lumière ou force motrice). Cette différence est d'ailleurs souvent matérialisée dans la pratique par l'existence de deux appareils de mesure distincts pour chacun des deux usages convenus.

Nous verrons dans la suite, dans le chapitre consacré à la formation des prix, quel parti on peut tirer de ces notions, dans l'étude des différenciations de tarifs.

§ 2. *Son individualité*

Au point de vue juridique, tout au moins lorsqu'on a en vue l'énergie électrique de provenance hydraulique, une question se pose de savoir à quel moment ce nouveau bien prend naissance, est individualisé.

M. Pierre Cot s'en est préoccupé² et s'exprime ainsi :

« Lorsque furent rédigés nos codes, l'énergie produite par les cours d'eau était fréquemment employée à faire tourner des moulins et établissements analogues installés par les propriétaires riverains. L'utilisation industrielle de l'eau apparaissait comme un accessoire de son utilisation agricole, et c'est pour cela que les juges l'ont permise aux riverains. Il fallait donner un statut juridique aux moulins utilisant l'énergie hydraulique. Le seul moyen d'atteindre ce résultat était de faire rentrer le droit à l'énergie dans le droit de riveraineté.

Il devait en être autrement, lorsque, par suite des progrès de la technique, les conditions d'utilisation de l'énergie hydraulique furent toutes différentes et se prêtèrent à la satisfaction des besoins collectifs, d'autant plus que les progrès de la technique étaient le fait de la collectivité tout entière.

Mais on ne peut sans contradiction reconnaître à la houille blanche le caractère de force naturelle, et celui de création de la science. Elle n'a pu qu'organiser, mettre en œuvre, en en tirant un meilleur parti des forces préexistantes. C'est le cas de l'électricité qui a été le moyen scientifique, incontestablement créateur, de diffuser l'emploi de la houille blanche.

Ce qui est une création, c'est l'utilisation plus rationnelle et plus complète que les découvertes scientifiques ont permis de faire de cette énergie. Il y a eu simplement plus-value ».

La puissance vive de l'eau des torrents ne représente de l'énergie mécanique qu'à l'état brut, à l'état primaire. L'eau qui dévale du flanc des montagnes n'en est que le support.

2. Pierre Cot, *Le droit de riveraineté et la loi du 16 octobre 1919*, thèse Grenoble, 1920.

Mais, l'industriel qui capte cette eau et utilise sa force vive pour faire tourner des turbines, puis des générateurs d'électricité, ne fait pas qu'« organiser », « mettre en œuvre » cette force naturelle qu'on a appelée houille blanche, et qui, sous sa forme mécanique, est bien préexistante. Il la transforme en une nouvelle forme d'énergie, l'énergie électrique, autrement féconde, économiquement parlant, par la multiplicité des emplois dont elle peut être l'objet. Cette transformation est si profonde qu'elle est une véritable *création*. Il y a donc bien *création*, non seulement dans le domaine de l'utilisation, comme l'indique M. Cot, mais également à l'origine même du procès de production.

Et ainsi apparaît le caractère exorbitant de la mainmise de l'Etat sur l'énergie des chutes d'eau, car ce qu'il *concède* à l'industriel, ce n'est pas un gisement qu'il n'a plus qu'à exploiter, c'est de l'énergie mécanique à l'état *brut*, que l'industriel doit auparavant transformer en énergie électrique utilisable, à ses frais, risques et périls. Nous aurons à revenir sur cette distinction lorsque nous étudierons la question de la domanialité des chutes d'eau.

Quant à l'argument dont paraît vouloir tirer parti M. Pierre Cot, pour justifier cette mainmise de l'Etat, à savoir que « les progrès de la technique sont le fait de la collectivité toute entière », nous n'entreprendrons pas de le discuter, car il serait susceptible, pour peu qu'on le développe, de justifier bien des expropriations.

§ 3. *Concomitance du phénomène de production et de consommation*

Une particularité capitale domine les conditions de production et de distribution de l'énergie électrique : le fait de consommation et le fait de production sont *nécessairement* concomitants, le premier étant *instantanément* générateur du second..... à la vitesse de transmission près qui, on le sait, est de l'ordre de celle de la lumière.

C'est ce qu'on exprime d'une autre façon en disant que l'énergie électrique *ne peut pas se stocker*. Cela est rigoureusement vrai, sauf l'exception, sans importance au point de vue économique, des accumulateurs électriques. Il

existe aussi des moyens de stockage très indirects que les électro-chimistes emploient lorsqu'ils fabriquent, pendant les périodes de l'année où l'énergie hydraulique est abondante, un sous-produit, dont seule la fabrication est grosse consommatrice d'énergie, son achèvement, qui en exige peu ou pas, pouvant être reporté aux périodes où l'énergie est rare. Mais cela n'a évidemment aucun intérêt pour la distribution de l'énergie.

Nous sommes donc en présence d'un bien économique, qui doit être livré au consommateur à l'instant précis où il désire le consommer, que l'on ne peut fabriquer d'avance et dont par conséquent la courbe de production dans le temps va s'identifier rigoureusement avec la courbe de consommation.

Comment se fait-il, dans ces conditions, que l'on puisse parler de *surproduction*, de *production excédentaire*, car telle est bien, à l'heure actuelle, la préoccupation dominante, angoissante même de toute une catégorie de producteurs.

Avant d'en donner l'explication, il convient de distinguer les deux grandes catégories de producteurs d'énergie électrique : les *thermiciens* et les *hydrauliciens*.

Les premiers consomment du charbon, ou un autre combustible, qui coûte un certain prix, et peut se stocker, du moins lorsqu'il s'agit de combustibles solides ou liquides. Le fait de consommation d'énergie électrique va engendrer la consommation d'une certaine quantité de combustible. Mais, si le fait de consommation ne se produit pas, la quantité de combustible correspondante restera tout simplement dans les magasins du producteur.

Les seconds consomment de l'eau, qui ne coûte rien. Si le fait de consommation d'énergie électrique ne se produit pas, ils devront laisser couler cette eau dans la rivière, à moins qu'ils ne disposent d'un réservoir, où ils puissent la laisser accumuler. Mais quel inconvénient, dira-t-on, puisque cette eau ne coûte rien.

C'est précisément parce qu'elle ne coûte rien que la situation de l'hydraulicien est difficile. Il n'a rien à économiser.

La physiologie économique de l'usine hydraulique obéit ainsi à des règles impérieuses, que ne connaît pas

l'usine thermique, ou auxquelles elle peut se soustraire dans une certaine mesure.

L'exploitation de l'usine thermique est en quelque sorte douée d'une certaine plasticité. Si le fait de consommation prévu ne se produit pas, ce sera fâcheux certes, mais la recette attendue et qui ne se produira pas, sera partiellement compensée par une économie de combustible.

L'exploitation de l'usine hydraulique est au contraire *rigide*, déterminée une fois pour toutes dans ses éléments principaux. Il faut *nécessairement* que le régime de production prévu pour la rémunération normale des capitaux investis, se réalise ; sinon tout l'équilibre financier de l'entreprise sera compromis. Et cela est d'autant plus nécessaire que l'Etat, lorsque l'entrepreneur sera tenu de lui remettre gratuitement, en fin de concession, les installations immobilières qu'il aura réalisées, ne se souciera pas de savoir s'il a pu ou n'a pas pu amortir les capitaux qui lui avaient été confiés.

Malheureusement, les conditions de production ne peuvent être réglées ici par la seule volonté de l'entrepreneur, puisqu'elles dépendent des conditions météorologiques dont il n'est évidemment pas le maître. Il risque d'avoir vendu la peau de l'ours.

C'est pourquoi tout l'art de l'hydraulicien consistera à tirer parti des variations saisonnières et journalières, au moyen d'ouvrages de régularisation et à conclure des contrats de fourniture, tenant compte par certaines de leurs clauses de cette discordance toujours possible entre les possibilités de production de l'usine et la consommation de la clientèle.

§ 4. *Grande rigidité de l'économie hydraulique* *Prédominance quasi-absolue des frais fixes.* *Rythme discontinu des investissements*

Cette extrême rigidité de la physiologie économique des usines hydrauliques s'explique concurremment par la faible importance des dépenses de main-d'œuvre d'exploitation, et l'énormité des capitaux investis.

Plus encore peut-être que dans la centrale thermique où

cependant le machinisme a été poussé très loin, il suffit à la centrale hydraulique de quelques hommes spécialisés pour en assurer le fonctionnement, par la lecture de cadrans de mesure, de diagrammes, et la manœuvre de quelques boutons-poussoirs. Aussi, ces usines ignorent-elles le chômage et la pénurie de main-d'œuvre, car cet effectif de surveillance ou de petit entretien est pratiquement constant, quelle que soit la puissance que l'on demande à la centrale. Il y a donc une impossibilité quasi-absolue de comprimer les frais d'exploitation d'une centrale hydraulique.

A l'inverse, les capitaux de premier établissement qu'il faut immobiliser pour réaliser les ouvrages de captation, d'adduction de l'eau, ainsi que l'usine de production proprement dite, sont considérables, et tendent à le devenir de plus en plus, ainsi que nous le verrons dans un chapitre postérieur (ch. V, le rendement décroissant). De plus, en raison même de l'importance des travaux à exécuter, du climat rigoureux des régions de montagne où se trouvent le plus souvent les usines hydrauliques, et qui réduit à 6 ou 8 mois l'époque où il est possible d'œuvrer, la durée d'exécution est fort longue (en moyenne 4 années) et avec elle la période d'improductivité des capitaux investis. MM. Maroger et Bloch, dans leur rapport au 3^e Congrès de la Houille Blanche, estimaient à 50 % la majoration du coût de premier établissement pouvant résulter de la charge des intérêts intercalaires ³.

Quelle que soit en effet l'importance des moyens matériels mis en œuvre, on ne peut exécuter un ouvrage en rivière de quelque importance en une seule saison. On ne peut percer un tunnel dans la montagne, surtout s'il va d'une vallée à la voisine, qu'à l'avancement. Les surprises désagréables dans les travaux de cette nature sont fréquentes : poches glaciaires, éboulements, crues subites emportant les ouvrages etc...

Enfin, autre considération qui confirme le caractère d'extrême rigidité des charges financières de toute entreprise hydraulique, c'est l'impossibilité où l'on se trouve de

3. 3^e Congrès de la Houille Blanche, Grenoble, 1925. Section économique et financière. Les entreprises de houille blanche et le crédit, p. 6.

les exécuter par tranches, comme on peut le faire pour les centrales thermiques. Un tunnel dans la montagne n'est agrandi pas ; il faut le forer d'emblée, à sa section définitive. Tout au plus, peut-on différer de quelques années l'installation d'une partie du matériel électro-mécanique (turbines, alternateurs, transformateurs). Mais cela est peu de chose et ne représente guère, dans l'ensemble que 20 à 25 % des dépenses d'aménagement. L'entrepreneur préférera le plus souvent réaliser d'emblée l'installation dans son entier, pour ne pas avoir à supporter les ennuis ou les risques d'installations complémentaires en cours d'exploitation.

A la difficulté permanente, en période d'exploitation, d'ajuster la courbe de production à la courbe de consommation, s'en ajoute donc une autre peut-être plus grave encore, tenant au rythme discontinu, scalaire des investissements, alors que la consommation progresse par gradations lentes, continues.

L'hydraulicien sera en quelque sorte en retard ou en avance sur la courbe de consommation, et les deux alternatives sont également fâcheuses. Il ne pourra jamais obtenir de sa clientèle qu'elle laisse ses besoins en sommeil, jusqu'à ce qu'il ait terminé son installation, pour lui demander ensuite de s'engager pour toute la tranche de puissance correspondant au nouvel équipement qu'il vient de réaliser. Il ne peut non plus, sans danger, équiper en avance, en vue de besoins futurs probables.

De telles situations ne sont pas simples. Nous verrons ultérieurement les diverses solutions dont les hydrauliciens peuvent faire usage pour se tirer d'affaire.

§ 5. — *Pérennité des installations hydrauliques*

Un autre aspect des installations hydro-électriques vaut d'être souligné, car il les différencie nettement de tous les autres modes de production de l'énergie électrique : c'est la pérennité de ces installations.

Malheureusement, l'entrepreneur n'en profitera guère, car arrivé au terme de sa concession, et les ayant amorties, il ne pourra pas jouir des fruits devenus gratuits des capi-

taux d'épargne ainsi constitués, puisqu'il sera obligé de les remettre à l'Etat, sans aucune indemnité pour ce qui concerne les installations immobilières, moyennant une indemnité aléatoire pour ce qui concerne le matériel, dont la reprise n'est pour l'Etat qu'une pure faculté.

Sans doute, pérennité ne veut point dire éternité. Il n'en est pas moins vrai que des usines hydro-électriques, vieilles de 40 années, fonctionnent toujours imperturbablement et si leur matériel électro-mécanique se trouve quelque peu désuet, par suite des progrès de la technique, il est sans grande conséquence au point de vue financier de le rajeunir, puisque, ainsi que nous l'avons vu, il ne représente qu'une faible partie des dépenses de premier établissement.

Mais, sauf accident local, défaut d'entretien ou défaut de conception grave (cela est arrivé) cette pérennité est certaine pour tous les ouvrages hydrauliques proprement dits (prises d'eau, tunnels ou canaux d'amenée, conduites forcées). Aussi, peut-on affirmer que, normalement, ces ouvrages dureront plus longtemps que les délais ordinaires d'amortissement (75 ans) des capitaux qui y ont été investis et on ne peut que souscrire aux déclarations de M. Maroger devant le Conseil National Economique, lorsqu'il affirmait, qu'en considération de cet enrichissement du patrimoine national au terme de la concession, il serait légitime que l'Etat témoignât au développement de la houille blanche, une sollicitude plus efficace⁴.

§ 6. — *Echanges internationaux très réduits*

Une autre caractéristique de l'industrie de l'électricité en général, dans le domaine de la production qui nous occupe, est qu'elle ne donne pas lieu à des échanges internationaux; du moins ces échanges sont-ils insignifiants. Aussi, ne demande-t-elle pas, et cela est digne d'être remarqué à notre époque de protectionnisme outrancier, à être protégée contre la concurrence étrangère.

La chose n'est cependant pas dépourvue d'intérêt au point de vue économique, et certains techniciens éminents

4. *J. O.*, 23 août 1933, Annexe 38, p. 909.

ont pensé avec raison qu'une liaison des principaux centres de productions hydrauliques européens, par suite des caractéristiques hydrographiques différentes de leurs bassins versants, ou même de simples différences de longitude, entraînerait, par suite du décalage des périodes de pointes saisonnières ou diurnes, des compensations intéressantes. La Commission d'études pour l'union européenne saisie de cette question, l'a d'ailleurs transmise à la commission consultative et technique des communications et du transit de la Société des Nations qui se propose de constituer, en temps voulu, un comité spécial chargé d'en faire l'étude.

La véritable raison qui s'oppose à la réalisation de projets d'une telle envergure est d'ordre technique et financier. Ces liaisons électriques internationales exigeraient en effet des lignes à 400.000 v. Sans parler des difficultés d'ordre technique les plus sérieuses que les techniciens n'ont point encore surmontées, une semblable réalisation demanderait des capitaux énormes, difficiles à réunir en ce moment, et dont, au surplus, il n'est pas certain que la rémunération puisse jamais en être assurée ⁵.

Quoiqu'il en soit, ces échanges d'énergie, limités à la Belgique, le Luxembourg, la Sarre et la Suisse, se réduisent actuellement à peu de chose, ainsi qu'on peut le voir par le tableau suivant :

	Importations			Exportations	
	Millions de kwh	En % de la produc- tion française		Millions de kwh	En % de la produc- tion française
1923	253	3,4 %		20	0,27 %
1924	280	3,1 —		30	0,33
1925	307	3		40	0,39
1926	396	3,5		56	0,5
1927	467	4,1		61	0,54
1928	510	4		75	0,58
1929	606	4,25		123	0,86
1930	536	3,5		101	0,66
1931	607	4,3		97	0,68
1932	610	3,2		80	0,59

Il ne faut pas manquer de citer à ce propos l'usine de Chancy-Pouigny, à cheval, si l'on peut dire, sur la frontière

5. J.O., 23 août 1933, Annexe 38, Rapport de M. Ulrich, p. 906.

suisse, l'usine génératrice étant sur la rive gauche suisse et le poste de transformation « out-door » sur la rive droite française. Une convention franco-suisse répartit la puissance entre les deux nations, proportionnellement à la chute du fleuve qui se trouve sur le territoire de chacune d'elles, soit sensiblement $1/3$ pour la France et $2/3$ pour la Suisse, mais la Société s'est engagée à envoyer pendant 40 ans la totalité de sa production en France.

L'industrie productrice de l'électricité est donc insensible, du moins directement, aux phénomènes du change, et elle ne peut y être soumise qu'indirectement par suite des répercussions que ces phénomènes peuvent avoir sur le loyer de l'argent, facteur primordial pour les installations hydro-électriques, ainsi que sur l'indice général des prix, dont les coûts d'établissement doivent obligatoirement se ressentir.

Peut-on cependant voir dans cette indépendance relative de l'industrie électrique vis-à-vis des phénomènes de change ainsi que le prétend M. André Janet ⁶, une des raisons pour lesquelles « l'industrie de l'électricité résiste efficacement au marasme économique ». Cette résistance est en premier lieu très relative et plus que probablement, les Conseils d'Administration de certaines Sociétés n'en sont point autant persuadés.

Si le fléchissement du chiffre d'affaires de l'industrie productrice de l'électricité (7 % en 1931, puis 4,5 en 1932 par rapport aux chiffres de 1930) est certes beaucoup moins élevé que ceux enregistrés par d'autres branches de la production française (fonte 45 % de 1930 à 1932, acier 40 %, textile, 30 %), c'est que cette industrie produit des biens de consommation destinés à satisfaire certains besoins considérés aujourd'hui comme de première nécessité, et dont par suite la demande est fort peu élastique (lumière, petite force motrice, électricité domestique). Personne ne songe, sous la pression de la crise économique, à s'éclairer moins, à se priver des commodités que procurent tous les ustensiles domestiques électrifiés ; le boulanger ne songe nullement à abandonner son pétrin mécanique. Au con-

6. J. O., 23 août 1933, Annexe 38, 7^e série de rapports au Conseil National économique, p. 894, 1^{re} colonne.

traire, on a pu constater au cours de la présente crise, que la consommation domestique continuait à s'étendre. Seule, la baisse de la consommation industrielle a été très sensible : pour l'électro-chimie, l'électro-métallurgie, elle a été de 40 % de 1930 à 1932, donc tout à fait comparable à celle de la métallurgie dont elle paraît partager le sort.

Par contre, les autres branches de la production, qui nous servaient, il y a quelques instants, de points de comparaison, ou bien sont consacrées à produire des outils de production (métallurgie) ou bien certains biens de consommation dont la demande est plus élastique (textile). Or, ainsi que le confirme l'étude des crises économiques, ce sont surtout ces branches de l'activité industrielle qui sont le plus durement frappées.

§ 7. — *Analogie avec l'économie agricole : les théories physiocratiques*

Lorsqu'on fait pour un instant abstraction des capitaux fixes considérables qu'on est obligé d'investir pour mettre en œuvre cette force naturelle que constitue la puissance de l'eau en mouvement, on ne peut manquer de lui attribuer le caractère providentiel d'un don gratuit de la nature et l'on se prend à penser que les physiocrates, s'ils avaient assisté à son prodigieux développement, eussent pu avoir, pour cette industrie de la houille blanche, quelque tendresse, quelque indulgence, qui les eût peut-être amené à corriger leur agrarianisme intransigeant.

Il est tout à fait frappant en tout cas de voir combien quelques-unes des citations les plus caractéristiques des économistes de l'école physiocratique, peuvent être appliquées, sans qu'il soit nécessaire d'en forcer le sens, à cette nouvelle industrie.

« La vraie richesse, — dit Le Mercier de la Rivière — est une masse de valeurs qu'on peut consommer au gré de ses désirs, sans s'appauvrir, *sans altérer le principe qui les reproduit sans cesse* » (C'est nous qui soulignons).

« Les richesses réelles, les véritables richesses, — dit

Quesnay, — ce sont les richesses toujours renaissantes »⁸.

Mirabeau : « L'agriculture est une manufacture d'institution divine, et le fabricant a pour associé l'auteur de la nature ».

Un autre physiocrate plus lyrique encore : « L'agriculture est le seul travail humain auquel le ciel concoure sans cesse, et qui soit une création perpétuelle ».

N'est-ce pas le cas aussi de toutes les industries de houille blanche, puisque l'eau du ciel est leur principe de vie.

L'analogie se poursuit encore, mais ramène la pensée au réel, lorsqu'on cherche à comparer les diverses catégories d'avances de l'économie agricole et de l'économie hydraulique.

Là aussi, il y a des avances foncières, comme en agriculture. Ce sont les travaux d'aménagement initial permettant la captation de l'eau, qui modifient profondément la conformité même du sol et deviennent inséparables du fond. Mais ces avances foncières sont considérables et leur amortissement va être d'autant plus pénible que le maître de l'œuvre n'est pas ici investi d'un droit de propriété. Il n'a qu'un droit de jouir des fruits, essentiellement temporaire.

Les avances primitives, ce sont les renouvellements de matériel, comparables aux mises de fonds que le cultivateur doit faire régulièrement pour l'entretien du matériel de culture, des animaux de travail. Elles sont relativement peu importantes vis-à-vis des avances foncières.

Quant aux avances annuelles, elles deviennent insignifiantes et se réduisent aux salaires d'exploitation, aux frais généraux, aux dépenses d'entretien courant.

Il n'y a qu'une ombre au tableau : l'avarice de la nature qui, avant de lui livrer ses dons gratuits, exige de l'homme la constitution de capitaux d'épargne dont le poids va lui paraître bien lourd.

Nous aurons à revenir sur cette distinction de diverses catégories d'avances, lorsque, dans le chapitre II du titre II, nous analyserons le coût de production.

8. Maximes de gouvernement économique. Œuvres, p. 239. (Citations extraites de l'*Histoire des doctrines économiques*, de M. le Professeur Gonnard).

Section II

Principaux modes de production

Nous avons fait allusion précédemment aux deux modes principaux de production de l'énergie électrique par usines thermiques ou usines hydrauliques. Nous avons indiqué également que le qualificatif de houille blanche avait fait école, et que d'autres houilles « de couleur » étaient venues se ranger aux côtés de leur illustre aînée.

Il importe de préciser ces différentes dénominations et de montrer l'importance économique des modes de production qu'elles désignent, certains d'entre eux devant nous apparaître par la suite comme des modes concurrents de la houille blanche.

En se plaçant sur le terrain des principes scientifiques, on peut distinguer 3 grands groupes :

§ 1. — *Les modes thermodynamiques* mettant en jeu deux sources de chaleur : une source chaude et une source froide, suivant le principe de Carnot. Tous les cycles de transformation caractéristique des différentes applications de ce mode fondamental et qui sont utilisés pour mesurer le travail fourni, dérivent du cycle classique décrit par Carnot.

On trouve dans ce groupe :

a) les usines thermiques proprement dites qui utilisent le phénomène de la combustion pour transformer l'énergie interne des combustibles, solides, liquides ou gazeux, en énergie électrique, soit à l'aide de machines à vapeur, soit à l'aide de moteurs à explosion, soit à l'aide de moteurs à combustion interne.

Seules les usines utilisant les combustibles solides (huile, lignite, coke, tourbe) peuvent se prêter à des installations de quelque importance.

Les combustibles liquides, ou bien sont d'un prix trop élevé pour pouvoir jouer un rôle méritant d'être signalé dans la production de l'énergie électrique (goudrons, essences) ou bien ne peuvent être utilisés que sur des appareils qui, dans l'état actuel de la technique, ne peuvent être construits avec une puissance unitaire suffisante pour que

leur emploi puisse être envisagé dans les très grandes usines génératrices (huiles lourdes ou gas oils). Les moteurs Diesel ou semi-Diesel qui utilisent ces huiles lourdes possèdent toutefois un certain nombre de qualités : excellent rendement thermique, facilité et rapidité de mise en route, qui peuvent les faire rechercher pour l'équipement de petites usines de secours.

Les combustibles gazeux sont appelés à un plus grand avenir. Le gaz naturel, composé de méthane et d'hydrocarbures divers, mais dont il n'y a malheureusement pas d'émissions en France, est utilisé en Roumanie et aux Etats-Unis à la production de l'énergie électrique.

L'emploi du gaz de ville, en raison de son prix, ne s'est pas développé.

Plus féconde a été l'utilisation du gaz de haut-fourneau et du gaz de four à coke : la houille incolore, suivant l'expression de M. de Loisy. On trouvera dans la suite, pages 272-273, quelques précisions sur l'importance de cette source d'énergie, qui est loin d'être négligeable.

On comprendra mieux l'importance relative du rôle, joué dans la production de l'énergie électrique par ces différentes catégories de combustibles à la lecture du tableau suivant, où ont été seulement retenues les usines d'au moins 1.000 kva de puissance installée pour l'année 1931 et débitant sur un réseau de distribution. Nous y avons ajouté, à titre de comparaison, les renseignements de même nature relatifs aux usines hydrauliques de moins de 1.000 kva également. La quatrième catégorie de ce tableau comprend les usines de certaines entreprises métallurgiques qui peuvent indifféremment brûler sous leurs chaudières des combustibles solides ou du gaz.

Nature des combustibles	Nombre d'usines	Puissance installée	%
		kwh	
Usines utilisant des combustibles solides .	195	4.860.000	88,4
Usines utilisant des combustibles liquides .	22	49.000	0,9
Usines utilisant des combustibles gazeux .	21	276.000	5
Usines utilisant des combustibles solides et gazeux	14	315.000	5,7
Usines thermiques	252	5.500.000	100
Usines hydrauliques	249	2.256.000	

Ce tableau fait apparaître la prédominance incontestable des usines utilisant des combustibles solides, l'importance insignifiante de celles utilisant des combustibles liquides et la place déjà notable que prennent les usines utilisant des combustibles gazeux.

b) Les usines utilisant le procédé Claude-Boucherot. On en connaît le principe séduisant, qui consiste à tirer parti de la différence de température existant entre le fond des mers et la surface pour faire bouillir dans le vide l'eau superficielle, l'eau du fond pompée dans des tuyaux calorifugés servant de source froide.

M. Georges Claude a équipé le paquebot « Tunisie » en usine-laboratoire et poursuit en ce moment ses expériences sur les côtes du Brésil. Avec un savant tel que lui, rien n'est impossible. Il faut remarquer toutefois que les applications de ce procédé, même s'ils entrent un jour dans la phase industrielle, ne pourront jamais intéresser que les régions tropicales côtières. Mais si les espoirs de leur inventeurs se réalisaient, les conditions de l'existence dans ces régions s'en trouveraient singulièrement modifiées.

c) Il faut encore ranger dans ce groupe les usines à peine entrevues qui se proposeraient d'utiliser la puissance d'évaporation du soleil dans les régions très chaudes⁹. Nous ne faisons que les signaler.

§ 2. *Les modes hydrodynamiques.*

Ces modes, pour recueillir l'énergie potentielle des masses d'eau qui circulent ou se meuvent sur la surface de la terre, utilisent en somme le principe de la gravitation universelle.

a) *Les usines hydrauliques ou hydromotrices.* — Le cycle des phénomènes d'évaporation et de condensation qui s'opèrent à la surface du globe a pour résultat l'accumulation sur les plus hauts sommets de masses glaciaires, neigeuses ou simplement liquides grâce à la porosité du sol. L'écoulement de ces masses liquides vers la mer s'opère suivant des régimes extrêmement variables dans le temps

9. La « houille d'or et les projets de nouvelles usines électro-chimiques », R. Sevin, *Journal du Four Electrique*, mars 1932.

et dans l'espace, qui dépendent de 3 facteurs principaux :

1° L'étendue du bassin versant ;

2° L'importance, époque et régime des précipitations atmosphériques ;

3° La climatologie générale du lieu.

Ainsi que nous l'avons indiqué dans l'introduction, l'idée d'utiliser l'énergie potentielle de l'eau en mouvement est fort ancienne.

Mais, au lieu d'utilisations fragmentaires, à l'aide de biefs très courts, l'idée nouvelle mise en œuvre à la fin du XIX^e siècle, par les pionniers de la houille blanche, les Bergès, les Fredet, a consisté à intégrer ces petites chutes élémentaires échelonnées le long du cours d'eau, en captant l'eau en un point judicieusement choisi de la rivière, et en l'amenant par un canal à très faible pente (à air libre ou en tunnel peu importe) en un point du flanc de la montagne, d'où l'on pouvait avoir alors une « *chute d'eau* » par l'intermédiaire d'une conduite dite *forcée* alimentant les turbines. La différence de niveau entre le sommet de la conduite forcée et l'axe des turbines constitue la hauteur de chute.

Ces banalités techniques devaient être rappelées, car elles aident à comprendre pourquoi, alors que cette technique nouvelle n'en était encore qu'à ses débuts, cette intégration de chutes élémentaires ne s'est faite d'abord que timidement, sous forme de chutes de petite puissance, économiquement simples à aménager, et adaptées aux moyens de réalisation dont on disposait alors. Cet aspect du problème, que nous ne faisons qu'effleurer ici, sera plus longuement développé dans le chapitre III consacré au mouvement de concentration.

L'appellation désormais consacrée de houille blanche est réservée aux chutes de montagne, le long des cours d'eau à forte pente, et en général à faible débit.

Lorsqu'il s'agit de capter l'énergie du cours des fleuves, à laquelle par antithèse on a réservé l'appellation de houille verte, on revient au principe des antiques moulins, appliqué à un fleuve, comme il l'était autrefois à un modesteruisseau. A l'extrémité du bief d'amenée formant barrage, se trouve l'usine, sans interposition de conduite forcée. Ce sont les très basses chutes de 5 à 12 m. et dans les cas les plus favo-

rables, mais très rarement dans nos régions, de quelques dizaines de mètres.

b) *Les usines marémotrices.* — Le cas limite des modes hydrodynamiques est l'utilisation des marées, qui constituent un réservoir d'énergie considérable. Mais, bien que de nombreux systèmes aient été essayés au prix d'expériences coûteuses (station de l'Aber-Vrach en Bretagne, et la Commission de la Houille Bleue), aucun n'a donné de résultats décisifs et il ne semble pas que l'énergie marémotrice soit appelée à bref délai, à jouer un rôle dans la production de l'énergie électrique.

L'Angleterre songe néanmoins à un gigantesque projet d'usine marémotrice dans l'estuaire de la Severn, qui ne coûterait pas moins de 3 milliards de francs, mais produirait plus de 2 milliards de **kwh**. L'équipement prévu dans le projet comporte 72 turbines de 17.000 cv.

§ 3. — *Les modes aérodynamiques.* — Pour être complet et avoir une vue d'ensemble de l'utilisation des forces naturelles, on peut ranger dans ce groupe l'utilisation de l'énergie cinétique des masses d'air qui se déplacent à la surface de globe. Mais le moulin à vent n'a passuivi, comme son frère le moulin à eau, la même évolution féconde. Il s'agit d'ailleurs de forces naturelles infiniment plus capricieuses encore que celles des cours d'eau.

Les 3 modes que nous avons distingués : thermodynamiques, hydrodynamiques, aérodynamiques, ne sont au fond que des formes d'utilisation de l'énergie solaire, mais les sources énergétiques ainsi utilisées, si le principe premier en est commun, n'en diffèrent pas moins par la durée de leur processus de formation : des millénaires pour les sources thermiques, une année, quelques mois ou quelques heures pour les sources hydrauliques, en constante formation pour les marées et les vents.

Il est très clair que les hommes consomment actuellement leurs réserves thermiques beaucoup plus vite qu'elles ne se reconstituent et de prochaines générations devront se préoccuper de ce petit problème.

CHAPITRE II

LES GRANDES REGIONS DU DOMAINE HYDRO-ELECTRIQUE FRANCAIS

Section I

**Dans quelle mesure nos richesses hydrauliques
sont-elles actuellement aménagées ?**

Le caractère dominant du domaine hydro-électrique de la France est une extrême dispersion. Si la puissance globale en est relativement imposante, comparativement aux autres pays d'Europe (Introduction, p. 7) cette puissance se trouve divisée en un très grand nombre de chutes, petites ou moyennes, réparties pour la presque totalité au sud d'une ligne allant de Nantes à Strasbourg. Les chutes susceptibles de produire plus de 200 millions de kwh par an sont très rares ; 64 % de chutes concédées au 1^{er} janvier 1931 ont une capacité de production comprise entre 1 million et demi et 40 millions de kwh par an, c'est-à-dire sont de petites chutes ; 15 % peuvent produire entre 40 et 80 millions, 7 % entre 80 et 120 millions ; 9 % entre 120 et 160 millions, 4 % seulement au-delà de 160 millions, représentant ce qu'on peut appeler pour la France les grosses chutes¹.

Précisons tout d'abord l'emplacement géographique général de ces richesses hydrauliques.

D'après la statistique du Service Central des Forces hydrauliques au 1^{er} janvier 1933, on pouvait dénombrer au

1. G. Tochon, *Les chutes d'eau*, Paris, Alcan, p. 8.

nord de la ligne idéale définie plus haut, 44 chutes, aménagées, en construction, en projet ou possibles, représentant une puissance normale disponible de 717.000 kw, soit seulement 12 % de la puissance totale aménagée ou aménageable, sur une étendue territoriale représentant, environ, les 2/5 du territoire français. Sur ces 717.000 kw il convient de distinguer 100.000 kw d'usines marémotrices réparties en 7 installations, dont aucune n'est d'ailleurs aménagée, et 530.000 kw pour les 8 chutes du Rhin, celle de Kembs avec 85.000 kw étant seule en fonctionnement. Il reste 87.000 kw répartis en 29 chutes pour tous les autres fleuves et rivières de cette partie du territoire, c'est-à-dire de fort petites installations présentant bien peu d'intérêt.

De la partie du territoire situé au sud de la ligne idéale Nantes-Strasbourg, et que nous appellerons désormais le *territoire hydraulique*, nous détacherons encore la région du Jura, du bassin de la Saône, parce que l'importance des richesses hydrauliques que nous offre cette région (153.000 kw de puissance disponible répartis en 46 usines aménagées ou à aménager) est loin d'être comparable à celle des trois autres régions principales du territoire, dont nous allons parler maintenant.

La division hydrographique et géographique que nous avons adoptée, et que nous avons suivie dans les études statistiques de ce chapitre est la suivante :

1^o Massif Central

a) *Division hydrographique*. — Bassin de la Loire, bassin de la Dordogne, bassin du Tarn, bassin du Lot. (Dans les statistiques ministérielles, ces deux derniers bassins sont rangés dans la région du Sud-Ouest, que nous limiterons nous-même au bassin versant des Pyrénées proprement dites et à la région méditerranéenne occidentale).

b) *Division géographique*. — Départements du Cher, de l'Indre, de la Haute-Vienne, de la Creuse, de l'Allier, de la Dordogne, de la Corrèze, du Puy-de-Dôme, de la Loire, du Lot, du Cantal, de la Haute-Loire, de l'Aveyron et de la Lozère, soit 14 départements.

2° Pyrénées

a) *Division hydrographique.* — Bassin de la Garonne supérieure, bassin de l'Adour, fleuves côtiers à l'ouest du Rhône.

b) *Division géographique.* — Départements de la Gironde, des Landes, des Basses-Pyrénées, des Hautes-Pyrénées, du Gers, du Lot-et-Garonne, du Tarn-et-Garonne, de la Haute-Garonne, de l'Ariège, du Tarn, de l'Aude, des Pyrénées-Orientales, de l'Hérault et du Gard, soit également 14 départements.

3° Rhône et Alpes

a) *Division hydrographique.* — Le Rhône et ses affluents cévenols, bassin de l'Arve, du Fier, du Guiers, de l'Isère, de la Durance, et les fleuves côtiers à l'est du Rhône.

b) *Division géographique.* — Départements de la Haute-Savoie, de la Savoie, de l'Isère, du Rhône, de l'Ardèche, de la Drôme, des Hautes-Alpes, des Basses-Alpes, Alpes Maritimes, Var, Bouches-du-Rhône et Vaucluse, soit 12 départements.

Nous avons rassemblé les résultats de notre étude statistique dans le tableau I qui donne en somme la situation d'ensemble du domaine hydro-électrique français tel qu'il était aménagé au 1^{er} janvier 1933. Quelques explications sont nécessaires pour en faciliter l'intelligence.

Les renseignements relatifs aux puissances sont donnés directement par la partie I de la statistique de la production et de la distribution de l'énergie électrique pour l'année 1932 (la dernière parue) du ministère des Travaux publics ; nous n'avons fait que les rassembler suivant la division hydrographique adoptée.

Les renseignements de la deuxième partie du tableau relatifs aux quantités d'énergie ont été extraits des parties V et VI de cette même statistique par un travail de dépouillement effectué suivant la division géographique.

TABLEAU I
SITUATION D'ENSEMBLE DU DOMAINE
HYDRO-ELECTRIQUE FRANÇAIS
au 1^{er} janvier 1933

	Nord Nord-Est Jura et Ouest Région parisienne	Massif Central	Pyrénées	Rhône et Alpes	Ensemble
	1	2	3	4	
Puissance installée kva. 10 ³	318	716	87	1.228	2.849
Puissance normale disponible kw 10 ³	kw 10 ³	kw 10 ³	kw 10 ³	kw 10 ³	kw 10 ³
a. En état de marche	150	266	256	556	1.228
b. En construction.....	19	75	36	55	185
c. En projet	619	439	320	1.731	3.109
d. Paraissant possible	82	328	360	544	1.314
Total (T).....	870	1.108	972	2.886	5.836
Puissance disponible prochaine (a + b)	169	341	292	611	1.413
Coefficient d'aménagement : $\frac{a + b}{T}$	0,19	0,31	0,30	0,21	0,24
	kwh. 10 ⁶	kwh. 10 ⁶	kwh. 10 ⁶	kwh. 10 ⁶	kwh. 10 ⁶
Capacité de production hydraulique actuelle.....	1.315	2.330	2.245	4.870	10.760
Production réelle en 1932 ...	532	1.055	1.295	2.942	5.884
Coefficient d'utilisation	0,45	0,45	0,58	0,60	0,55
Production d'énergie thermique	7.166	210	166	166	7.708
Total de l'énergie produite	7.758	1.265	1.461	3.108	13.592
% d'énergie hydraulique par régions	7,6	83,4	88,6	94,5	43,3
Energie consommée y compris les pertes	9.211	911	1.399	2.605	14.126
Energie exportée	—	354	62	503	{ — 534
Energie importée	1.453	—	—	—	
Nombre d'usines installées ...	26	52	69	123	270
Puissance installée moyenne	12.200	13.800	8.500	10.000	10.500kwa

L'énergie brute consommée dans chaque région ainsi géographiquement délimitée comprend :

a) L'énergie consommée directement aux bornes des usines et qui par conséquent n'a jamais été livrée à un réseau de distribution.

b) L'énergie distribuée dans chaque région aux usagers directs, régionaux et non pas à des réseaux de distribution exportateurs, après lui avoir fait subir une majoration pour tenir compte des pertes au cours de cette distribution intra-régionale. Nous avons utilisé, pour calculer ces pertes, le rendement général du transport et de la distribution qui, en 1932, a été pour la France entière de 83,6 %.

La différence entre l'énergie totale produite dans la région (hydraulique + thermique) et cette consommation intra-régionale, représente l'énergie exportée, du moins pour les 3 grandes régions hydrauliques.

Quant au reste du territoire, à prédominance thermique, il a été supposé qu'il avait absorbé les excédents des trois régions hydrauliques, déduction faite d'une exportation de 76 millions de kwh à l'étranger pour l'année 1932, plus une importation de 610 millions venant de l'étranger. L'appoint que cette quatrième région a dû demander aux trois régions hydrauliques ou à l'étranger s'élève ainsi à 1.453 millions de kwh. Le solde des exportations et des importations d'énergie interrégionaux est évidemment égal au solde des exportations et importations étrangères. Mais ce serait une erreur d'attribuer à ces chiffres une valeur absolue. D'après le principe même du calcul, ils ne représentent que des soldes, et tout comme la balance de paiements d'un pays ne fait pas intervenir les opérations qui ont pris naissance et se sont dénouées dans le courant de la même année, ces soldes ne font pas intervenir les échanges d'énergie saisonnière qui se compensent à la fin de l'année.

C'est pourtant par le mécanisme de ces échanges d'énergie saisonniers, de ces prêts d'énergie si l'on peut dire, que les différentes régions hydrauliques peuvent se porter secours, en profitant des décalages dans le temps de leurs régimes hydrauliques. Enfin, il est bien évident que l'excédent de 62 millions de kwh de la région des Pyrénées n'a pas été

effectivement transporté dans la région Nord, importatrice. Cette énergie a été consommée en réalité dans le Massif Central ou les Alpes, libérant ainsi une tranche d'énergie équivalente de l'une ou l'autre de ces deux régions, qui, elle aura effectivement été transportée dans la région parisienne. C'est ce que M. Maroger a appelé la théorie des glissements qui permet, lorsqu'elle est appliquée avec toute la souplesse et la spontanéité désirables, de transporter de l'énergie d'un bout à l'autre du territoire, par translations successives, par substitutions de fournitures, sans encombrer les grandes artères de transport ².

Observons, pour achever de fixer la physionomie générale de l'ensemble du domaine hydro-électrique français, et poser dès maintenant quelques-uns des jalons de nos études ultérieures :

1° Que le total des puissances actuellement en état de marche, en construction, en projet ou paraissant possibles, est évalué à 5.836.000 kw. Ce chiffre est notablement inférieur aux évaluations approximatives s'élevant à 7 milloins de kw dont nous avons fait état dans notre introduction, la différence devant être considérée comme ayant une existence et des possibilités de mise en valeur douteuses.

2° Que le quart seulement de ce domaine hydro-électrique est actuellement aménagé ou le sera prochainement, en supposant qu'aucune nouvelle mise en chantier n'ait lieu d'ici deux ou trois années, ce qui est la tendance actuelle.

3° Que, malgré cela, 55 % seulement de la puissance *actuellement aménagée*, sont effectivement utilisés ³. En supposant que la consommation totale d'énergie du territoire doive s'accroître suivant une progression géométrique de raison 1,07, ce qui est possible d'après les constatations

2. « Manifestation annuelle de la Houille Blanche et du Tourisme », *Conférence* du 11 juin 1928, p. 20 et 25.

3. Le Rapport de la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques donne pour l'année 1932 des chiffres sensiblement différents des nôtres : pour la production réelle, 5.643 millions de kwh au lieu de 5.884 millions, chiffre des statistiques ministérielles que nous avons adopté ; pour la capacité de production, 9.181 millions de kwh au lieu de 10.760 millions, que nous avons calculé d'après le chiffre de la puissance normale disponible, 1.228.000 kw, en état de marche, donné par ces mêmes statistiques.

faites à ce jour, et que la *totalité* de cette augmentation de consommation soit demandée à l'énergie hydraulique et pas du tout à l'énergie thermique, hypothèse la plus favorable, la consommation de 1935 serait de $14.126 \times (1.07)^3 = 17.250$ millions de kwh et la production d'énergie hydraulique de 9 millions de kwh, pour une capacité de production qui serait devenue, les aménagements en cours étant terminés, 12.400 millions de kwh ; dans ces conditions, l'utilisation de notre domaine hydraulique ne serait encore que de 73 % sensiblement égale à l'utilisation réalisée pendant les années de 1927 à 1929, mais inférieure à celle de 1930, année exceptionnellement favorable.

4° Que le total de l'énergie thermique produite par les trois régions spécifiquement hydrauliques a été en 1932 de 542 millions de kwh, en dépit de l'utilisation encore très incomplète des richesses hydrauliques. Il s'agit en réalité d'énergie d'appoint, produite à une époque de l'année où les chutes d'eau sont incapables de la fournir. Cette tranche d'énergie, qui est de l'ordre d'un demi-milliard de kwh, ne pourrait être acquise au domaine hydraulique que moyennant la « valorisation » d'une tranche d'énergie d'été équivalente par le jeu des réserves hydrauliques.

5° Que la puissance normale disponible actuellement en état de marche, 1.228.000 kw, est répartie sur 270 chutes, soit une moyenne de 4.550 kw par chute, alors que la puissance en construction, en projet ou paraissant possible, égale à 4.608.000 kw est répartie sur 714 chutes, donnant une moyenne de 6.450 kw.

Cela veut dire qu'il reste encore une forte proportion de grosses chutes à aménager, d'où il ne faudrait pas conclure que ce seront nécessairement les plus économiques. Mais, ainsi que nous le verrons, cette constatation ne se répètera pas pour les différentes régions hydrauliques. Cette moyenne élevée de la puissance des chutes restant à aménager provient de la région alpine et surtout du Rhône et du Rhin. Partout ailleurs, il ne reste bien, en moyenne, que les chutes de plus faible puissance.

Nous devons maintenant décrire chacune des grandes régions hydrauliques, pour dégager leur degré d'industria-

lisation et préciser l'emplacement géographique et la puissance des principales chutes existantes ou à créer ⁴.

§ 1. *Rhône et Alpes*

Lorsqu'on veut procéder à une étude détaillée de la région alpine, on a coutume de la diviser en deux régions séparées par le parallèle du Mont-Viso, les Alpes septentrionales et les Alpes méridionales.

Disons en quelques mots, pour caractériser ces deux régions, que les Alpes du Nord sont favorisées par des conditions climatiques assurant à leurs torrents un débit régulier et abondant pendant 6 à 7 mois de l'année, et de plus par des conditions topographiques, souvent privilégiées pour l'équipement des chutes d'eau : plus forte hauteur absolue et plus forte altitude moyenne, disposition en chaînes longitudinales, en gradins, offrant une série de condensateurs aux vents océaniques venant surtout du Nord-Ouest, glaciers à basse altitude prolongeant les hautes eaux d'été, vallées longues à forte pente (40, 50, 60 p. 1000) ; en revanche, étiage d'hiver assez sévère et fort peu de réserves lacustres.

Les Alpes du Sud, à climat nettement méditerranéen, sont beaucoup moins riches que celles du Nord en forces hydrauliques. L'altitude moyenne est plus basse, les précipitations atmosphériques moins abondantes, les neiges plus rares et plus vite fondues, les glaciers à plus haute altitude. Le débit par km² de bassin versant, qui est partout supérieur à 30 lit./sec. pour les Alpes du nord, tombe à 25 l. pour la Durance et 16 l. pour la Drôme. les débits sont très irréguliers et un étiage d'été apparaît dès juillet.

Mais si l'on veut bien comprendre les caractères orographiques essentiels du système alpin et les conséquences qui en découlent quant à la classification des chutes, il faut prendre pour axe général du système, la grande dépression centrale orientée sensiblement du Nord au Sud, qui, prenant naissance au col de Balme, sur l'Arve supérieure,

4. Voir pour plus de détails, Cavaillès, *La Houille Blanche*, Armand Colin, où nous avons puisé largement pour tout ce qui concerne l'hydrographie des régions étudiées.

emprunte ensuite après avoir franchi le seuil de Mégève, la vallée de l'Arly, de l'Isère moyenne, puis du Drac, pour retrouver un deuxième seuil, celui du col Bayard, avant de descendre la Durance, jusqu'au confluent de cette deuxième rivière avec son affluent, le Verdon.

Cette grande dépression constitue le collecteur central du système où viennent se déverser les torrents des hautes vallées transversales situées à l'Est. Elle a vu se constituer des groupes industriels importants, celui de l'Arve supérieure, de l'Arly, par exemple, mais certaines de ses sections, celle de l'Isère moyenne, le Drac, ne sont pas du tout ou ne sont encore que partiellement aménagées.

Les hautes vallées transversales (Tarentaise, Arc, Durance supérieure) sont les régions d'élection de la houille blanche. Les 3 premières, à régime nettement alpin, sont presque en totalité aménagées. Elles sont toutes parcourues par des voies ferrées.

A l'ouest de la grande dépression centrale se trouve la zone subalpine, peu exploitée, bien que possédant des aptitudes hydrauliques intéressantes. Les hauteurs de chutes s'affaissent et il n'y a plus de glaciers, pas de voies ferrées de pénétration. Mais les pluies et neiges sont abondantes (débit kilométrique souvent supérieur à 40 lit./sec.). Comme pour les chutes de la dépression centrale (Isère moyenne et surtout Durance) il y a un étiage d'été, mais plus hâtif, et plus marqué. Par contre, les débits d'automne et d'hiver sont nettement plus considérables que dans la région montagneuse. De plus, la nature des terrains, la configuration des lieux se prêtent à des travaux de régularisation relativement faciles. Les usines de cette région subalpine, lorsqu'elle sera mieux aménagée, auront donc à jouer, vis-à-vis des usines des hautes vallées transversales, un rôle complémentaire qui, grâce à l'interconnexion sera précieux.

Quant au Rhône lui-même, qui, au nord et à l'ouest, limite le bassin alpin, son aménagement, au triple point de vue de la navigation, de l'irrigation et de la mise en valeur hydro-électrique de sa puissance vive, soulève, on le sait, un gros, très gros problème. Ce problème a fait l'objet de nombreux projets, dont le premier de MM. Blondel, Harlé

et Mähl, remonte à 1902. La loi du 27 mai 1921 est venue décider que le concessionnaire unique de tous les aménagements de toute nature prévus sur le fleuve, serait une Société à créer, la Compagnie Nationale du Rhône, groupant les collectivités de droit public intéressées et les grandes industries du Sud-Est, et dont les statuts ont été déposés par M. Léon Perrier, sénateur de l'Isère, en qualité de Président du Comité d'Etudes, le 11 octobre 1923.

Un capital social de 240.000.000fr. sera souscrit à raison de $1/4$ par les collectivités et établissements publics de la région parisienne, de $1/4$ par les collectivités et établissements publics régionaux, de $1/4$ par la Compagnie P.L.M., le dernier quart étant réservé aux Sociétés consommatrices d'énergie électrique ou d'eau, à des Sociétés diverses et à des particuliers. Le montant des obligations pourra atteindre 9 fois le capital social et elles jouiront de la garantie d'intérêt de l'Etat. De même, les actions reçoivent, non un dividende, mais un intérêt fixe, supérieur de 2 % au taux résultant du cours moyen de la rente 5 % ce qui rend un peu fictive, la distinction entre le capital-actions et le capital-obligations.

Par contre, l'Etat, bien que sa participation financière se borne à la garantie d'intérêt du capital-obligations, a les $2/3$ des voix au Conseil d'Administration ; par ailleurs, il reçoit une part des super-bénéfices après remboursement, sans intérêt, de la dette de garantie.

Il s'agit donc au premier chef d'une entreprise d'économie mixte, à prédominance étatiste caractérisée, dans la gestion elle-même. Son entrée en scène prématurée risquerait d'avoir des conséquences désastreuses, autant par le trouble qu'elle ne manquerait pas de jeter sur le marché de l'électricité, que par les répercussions budgétaires que pourrait entraîner le jeu de la garantie d'intérêts. Aussi bien, l'impécuniosité des temps présents est la plus sûre garantie de sagesse.

Quelques thèses de doctorat ont été consacrées à ce problème. Nous n'en avons pas trouvé de convaincantes ⁵.

5. Voir en particulier M. Michel Jean, *Le problème du Rhône*, thèse, Dijon, 1932.

Quelques lignes suffiront pour donner une idée de l'importance des travaux envisagés et des capitaux qu'il faudrait y investir.

En dehors des 2 usines actuellement installées de Chancy-Pougny (17.100 kw) et Jonage (11.000 kw) et de 2 autres usines provisoires à Bellegarde, totalisant 12.000 kw, il reste à aménager sur le Rhône 851.000 kw répartis en 18 usines.

D'après le projet Armand (1918), le seul équipement du barrage de Génissiat et de son usine coûterait 120 millions aux prix de 1914, pour une puissance normale disponible de 157.000 kw. Le prix du kw installé serait donc de l'ordre de 4.000 fr. (en francs actuels) et, pour une utilisation de 5.000 heures, le capital à rémunérer par kwh serait 0,80, ce qui rentre tout à fait dans les limites actuellement admises. Quant aux autres usines de la partie amont de Lyon, le prix moyen au kw installé serait de l'ordre de 7.500 fr., plus élevé encore pour les usines entre Lyon et la mer, où il atteindrait près de 9.000 fr.

De tels prix sont présentement prohibitifs, et seul l'aménagement de la chute de Génissiat peut pour le moment se concevoir. Encore faudrait-il que les quelques 800 millions de kwh qu'elle *devrait* nécessairement produire annuellement, pour renter le capital investi, puissent se placer. Ce serait pour l'instant plutôt malaisé.

Il est juste d'ajouter que les travaux d'aménagements hydro-électriques ci-dessus visés, sont la préface obligée des travaux d'amélioration de la navigation et de l'irrigation, dont les profits viendraient, pour une part assez difficile à apprécier, contribuer à la rémunération des capitaux investis.

Si on laisse de côté les forces hydrauliques du Rhône qui, par leur masse, viennent fausser les statistiques, les données essentielles caractérisant le domaine hydro-électrique alpin sont les suivantes, pour l'année 1932 :

a) *Production* : Nombre d'usines supérieures à 1.000 kva installées au 1^{er} janvier 1933 : 119 pour une puissance installée de 1.121.000 kva, soit 9.400 kva par installation.

Si l'on considère la puissance normale disponible, elle est, pour les 119 usines actuelles, de 526.000 kw, soit 4.400 kw

en moyenne, très voisine de la puissance moyenne de la chute française qui est de 4.550 kw (page 49) et pour les 243 autres usines en construction, en projet ou paraissant possibles, de 1.480.000 kw, soit une moyenne de 6.100 kw, un peu inférieure à la chute moyenne française restant à aménager.

Quant au coefficient d'aménagement, il passe, si l'on élimine le Rhône, de 0,21 à 0,26 mais reste inférieur, il est important de le noter, à celui des Pyrénées et du Massif Central, où il semble donc que le retard sur les Alpes ait été largement rattrapé.

Le tableau suivant donne les caractéristiques principales et l'emplacement géographique des centrales hydrauliques de la région du Sud-Est dont la puissance installée est supérieure à 25.000 kva.

Centrales hydrauliques	Puissance installée kva	Puissance normale disponible kw	Hauteur de chute brute m.	Cours d'eau	Départements	Sociétés
Bancairon	55.000	20.000	335	Tinée	Alp. Marit.	E.E.L.M.
Ste-Tulle (mixte)	50.000	17.000	40	Durance	B. Alpes	E.E.L.M.
Pizançon	50.000	18.000	13, 1	Isère	Drôme	E.E. Isère et Vercors.
Beaumont-Monteux	45.000	18.300	10, 6	Isère	Drôme	E.E. Basse-Isère.
Rioupéroux	41.810	12.730	69, 5	Romanche	Isère	Alais, Froges Camargue.
Viclaire	37.000	16.200	398	Isère	Savoie	Sté de la Hte-Isère.
Pougny-Chancy	35.000	17.100	9	Rhône	Ain-Suisse	F.M. Pougny-Chancy.
Ventavon	35.000	21.300	57	Durance	B.-Alpes	E.E.L.M.
L'Argentière	35.000	17.000	174	Durance	H.-Alpes	Alais, Froges-Camargue.
Le Poët	27.000	9.000	60, 7	Durance	B.-Alpes	F.M. Durance
Beaufort	25.000	7.500	270	Doron	Savoie	Electrochimie d'Ugine.

Donnons enfin, pour achever de préciser les conditions de production de l'énergie électrique dans cette région, l'emplacement des principaux barrages existants ou à construire, ainsi que l'importance des réserves hydrauliques qui peuvent y être accumulées.

Si l'on excepte les grands lacs (Léman, 551 millions de m³ de tranche utile, lac d'Annecy, 41,6 millions, et lac du

Bourget, 165 millions) qui ne sont pas ou à peu près pas utilisés, il existe encore fort peu de lacs ou réservoirs aménagés dans la région alpine.

On en peut tout au plus compter 3 à l'heure actuelle en fonctionnement, qui sont par ordre d'importance : le lac de la Girotte (28 millions de m³) dans le bassin de l'Arly, le Lac Mort, (4,5 millions) sur le Grand Rif, et le réservoir de Valières (1,8 millions) sur le Fier.

Par contre, 3 grands barrages sont actuellement en construction : celui de la Bissorte (40 millions de m³) sur la rivière du même nom, qui régularisera les 7 usines en chapelet sur le torrent de l'Arc, en aval du confluent de la Bissorte, celui du Chambon (49,7 millions de m³) qui intéressera pareillement les 9 usines échelonnées en aval le long de la Romanche, et enfin le grand barrage du Sautet, de 100 millions de m³, sur le Drac. Trois des torrents alpins les plus importants et les mieux électrifiés seront ainsi régularisés, et il n'y a aucun doute que l'exploitation des usines intéressées doive en retirer un grand bénéfice.

Un calcul sommaire va le montrer.

Les 7 usines régularisées par la Bissorte totalisent 382 m. de chute. En admettant qu'il n'y ait qu'une seule vidange annuelle, l'énergie d'hiver supplémentaire pouvant être produite grâce à cette accumulation est égale à :

$$\frac{7 \times 382 \times 40.000.000}{3.600} = 30.000.000 \text{ de kwh.}$$

soit en gros : 0,75 kwh par m³ de tranche utile.

Pour le barrage du Chambon, qui commande 9 usines totalisant 471 m. de chute, l'énergie valorisée correspondant à une seule vidange est de :

$$\frac{7 \times 571 \times 39.700.000}{3.600} = 55 \text{ millions de kwh.}$$

soit : 1,1 kwh par m³ de tranche utile.

Le barrage du Sautet sera beaucoup moins bien utilisé, tant que ne seront pas édifiées les usines projetées dans la partie du cours du Drac, en aval de ce barrage, et même à ce moment-là, il ne dépassera pas 1/2 kwh par m³.

Il ne faut donc pas s'exagérer l'influence que pourront

avoir un jour les grands barrages alpins sur les conditions générales de production de l'énergie dans cette région. Les 3 grands barrages en construction, bien utilisés, pourront produire 150 millions de kwh d'énergie valorisée, peut-être 200, soit environ 5 à 6 % de la production d'énergie hydraulique actuelle de la région. Rapportée à la seule énergie de la période d'étiage, cette proportion est bien entendu plus élevée, et suivant les années et les conditions plus ou moins heureuses de remplissage et de vidanges des réservoirs, l'habileté des exploitants, l'exactitude de leurs prévisions, pourra atteindre 20 à 30 % de cette énergie d'étiage. La seule question est de savoir si le supplément de coût de l'énergie provenant des barrages sera compensé ou non par la valorisation de qualité qu'elle en reçoit. Il est difficile d'avoir des renseignements précis sur les investissements, les grands barrages dont il vient d'être parlé n'étant pas encore achevés. Tout ce qu'on peut dire, c'est qu'ils varient dans de grandes limites d'un ouvrage à l'autre, de 0,25 à 1 fr. par m³ emmagasiné suivant les conditions locales, le type de barrage, la nature géologique des assises, la rigueur du climat d'où dépend la durée des travaux, les surprises en général désagréables, rencontrées en cours de travaux, etc... Le rendement en énergie du mètre cube de tranche utile varie lui-même dans de grandes limites, de 0,5 à 1 kwh, dans les exemples que nous avons cités. Ces chiffres seraient bien entendu doublés si on parvient à faire 2 vidanges annuelles, ce qui sera fort difficile avec les torrents du type alpin pur n'ayant qu'un étiage. Quoiqu'il en soit, on peut cependant indiquer pour fixer les idées, que ce supplément de coût est du même ordre que le coût d'installation des chutes elles-mêmes.

Deux autres barrages, dont l'un très important, celui de Castillon (136 millions de m³), l'autre beaucoup plus petit, celui de la Chaudanne (14 millions de m³) sur le Verdon, avaient été commencés il y a quelques années au titre des prestations en nature. L'expérience n'a pas été heureuse, et la construction du barrage de Castillon a dû être abandonnée au 1/3, l'Etat restant toujours créancier de la plus grande partie des prestations effectuées. On essaye de

remettre sur pied une combinaison financière permettant de reprendre les travaux.

En revanche, les projets de barrages sont beaucoup plus nombreux. On n'en compte pas moins de 23 pour toute la région du Sud-Est, représentant un total de 810 millions de m³ de réserves hydrauliques. Les plus considérables sont le projet de Saint-Cannat sur une dérivation de la Durance (125 millions de m³), les 2 projets en concurrence de Carejuan sur le Verdon et le Jabron (154 millions et 125 millions de m³), un autre sur la même rivière de 120 millions de m³ aux Angles (Basses-Alpes). Tous les autres sont de petits barrages ou des barrages moyens ne dépassant pas 50 millions de m³.

Parmi les projets paraissant possibles, se trouve le fameux barrage de Serre-Ponçon, sur la Durance, de 500 millions de m³, qui jusqu'à maintenant, a fait couler beaucoup d'encre.

b) *Consommation* : La consommation intérieure de la région du Sud-Est, 2.605 millions de kwh, représente 84 % de la production totale de la région, 3.108 millions de kwh. Sur ces 2.605 millions de kwh, les usages industriels proprement dits emportent :

	Millions de kwh	%
Electrochimie-Electrométallurgie	1.020	39,2
Traction	141	5,4
Autres usages industriels H.T.	618	23
	1.779	68,4

Le reste, soit 826 millions de kwh, a été transformé en énergie basse tension pour petite force motrice, lumière et autres usages domestiques. Ce coefficient, 68,4 % mesure ce qu'on peut appeler le degré d'industrialisation de la région. Il représente la fraction de l'énergie consommée dans la région pour des besoins industriels et de grands services publics. Le chiffre de population assez clairsemée des départements de montagnes, concourt à accroître ce coefficient d'industrialisation, puisqu'ainsi la part de l'énergie produite, qu'on sera obligé de prélever pour les besoins domestiques et la petite force motrice, sera plus faible.

Si l'on compare la consommation nette d'énergie (c'est à-dire pertes à la transformation déduites) des industries électrochimiques et électrométallurgiques (949.000 kwh) à la consommation d'ensemble de ces industries pour tout le territoire (1.854.000), on trouve qu'elle en représente les 51 %. Berceau de ces industries nouvelles, la région alpine en est restée le pays d'élection.

§ 2. *Les Pyrénées*

Comparées aux Alpes, les Pyrénées offrent, au point de vue hydraulique, un double désavantage.

Etant d'une altitude moyenne inférieure à celle des Alpes, les vallées collectrices sont moins longues que les vallées alpines, n'ont pas une pente moyenne aussi forte ni aussi régulièrement répartie et ne se prêtent pas, comme dans certaines vallées des Alpes (Arc, Romanche), à l'édification d'usines puissantes en chapelet, donnant au km de rivière une densité de puissance élevée. Si on y rencontre de hautes chutes (les chutes de 400 à 700 m. sont nombreuses), il s'agit alors de torrents de montagne, dévalant une cassure brusque, mais le débit leur manque et c'est là la deuxième cause d'infériorité du domaine hydro-électrique pyrénéen.

Ce n'est pas que les pluies et les neiges y soient moins abondantes que dans les Alpes, par unité de superficie, bien au contraire, mais les bassins versants sont moins étendus, ce qui fait écrire très justement à M. Cavaillès ⁶ : « Mieux arrosées, les Pyrénées ont moins d'eau que les Alpes ».

Enfin, on n'y rencontre pas, comme dans les Alpes, de grande dépression intérieure formant collecteur. Les torrents qui descendent des Pyrénées ne se réunissent entre eux que dans la plaine, à des altitudes telles que, malgré la réunion de leurs débits, ils n'ont plus aucune valeur dynamique.

Par contre, dressées au-dessus des plaines océaniques, les montagnes pyrénéennes sont un très puissant condensateur et reçoivent en abondance pluies et neiges. Mais, étant

6. *Op. cit.*, p. 88.

dépourvus des glaciers et des neiges qui, dans les Alpes, prolongent jusqu'en août la montée des eaux de printemps, les torrents pyrénéens ont, dès juillet, un étiage souvent sévère qui se prolonge dans les années sèches jusqu'au début d'octobre ; à cette époque commence la poussée des eaux automnales qui dure parfois jusqu'à janvier. Fort heureusement, des réserves lacustres abondantes et à haute altitude, dont l'aménagement a été très poussé, permettent de corriger dans une certaine mesure cet inconvénient.

Les torrents enfin, creusés le plus souvent dans la roche en place ont une fixité de lit que ne connaissent pas les torrents alpins, qui facilite considérablement les installations et en diminue le prix d' revient. La dureté des terrains, la rareté des éboulis et des cônes de déjection, assurent à la plus grande partie de leurs eaux une pureté inconnue de celles des Alpes, toutes circonstances qui diminuent de façon très appréciable les frais d'entretien des ouvrages et du matériel hydraulique.

Les données statistiques essentielles caractérisant le domaine hydro-électrique pyrénéen sont les suivantes, pour l'année 1932 :

a) *Production* :

Nombre d'usines supérieures à 1.000 kva installées au 1^{er} janvier 1933 : 69 pour une puissance installée totale de 587.000 kva, soit 8.500 kva par installation, moyenne inférieure à celle des Alpes et encore bien davantage à celle du Massif Central ; ce qui confirme notre observation de tout à l'heure, à savoir qu'en dépit de grandes hauteurs de chutes, la faiblesse du débit s'oppose à l'édification d'usines de grande puissance.

Si l'on considère la puissance normale disponible, elle est, pour les 69 usines actuelles, de 256.000 kw, soit une moyenne de 3.850 kw, inférieure à la puissance moyenne de la chute française qui est de 4.550 kw et pour les 216 usines en construction, en projet ou paraissant possibles, de 716.000 kw, soit une moyenne de 3.300 kw, non seulement inférieure à la moyenne française, mais inférieure aussi à la puissance moyenne des usines actuellement aménagées, ce que l'on n'observe pas pour les Alpes.

Quant au coefficient d'aménagement, il est, nous l'avons

déjà noté, avec 30 %, sensiblement supérieur à la moyenne française, et à celui du Sud-Est, même sans le Rhône.

Le tableau suivant donne les caractéristiques principales et l'emplacement géographique des centrales hydrauliques de la région des Pyrénées, dont la puissance installée est supérieure à 25.000 kva.

Centrales hydrauliques	Puissance installée kva	Puissance normale disponible kw	Hauteur de chute brute m.	Cours d'eau	Départements	Sociétés
Hourat	40.000	11.580	208	Gave d'Ossau	B.-Pyr.	Chemins de fer du Midi.
Miègebat	40.000	14.300	395	Gave de Brousset	d°	d°
Luchon	33.500	7.800	864	Lac d'Oo	Htes-Gar.	Electr. industr.
Luz-St.Sauveur	33.000	14.400	320	Gave de Gavarnie	Hte-Pyr.	Hydro-Electr. Cère.
Sabart	31.500	13.500	247	Viedessos	Ariège	C ^{ie} Alais, Froges et Camargue
Eget	30.625	14.900	736	Neste de Couplan	Htes-Pyr.	Chemins de fer du Midi.

Les réserves lacustres des Pyrénées sont, avons-nous dit, abondantes, mais elles sont disséminées en un grand nombre de petits lacs, presque toujours faciles à aménager. Il ne s'agit donc pas, comme dans les Alpes, de réservoirs artificiels obtenus en noyant toute une portion de la vallée par un barrage, mais de lacs naturels, la plupart situés à haute altitude, entre 2.000 et 2.500 m. et formés par des cavités excavées par les glaciers à l'intérieur des grands massifs. Cette situation à haute altitude en fait des réservoirs d'énergie incomparables et cela explique pourquoi, à volume égal, leur puissance de régularisation est toujours supérieure à celle des réservoirs alpins.

Les réserves lacustres des Pyrénées proprement dites, actuellement aménagées, s'élèvent à un peu plus de 100 million de m³, ce qui est peu, par comparaison avec les grands réservoirs alpins. Ce volume est de plus réparti en 13 lacs.

L'exploitation de la plupart d'entre eux, parmi les plus importants, est contrôlée par l'Union des producteurs d'électricité des Pyrénées occidentales (Upepo), organisme

de coordination de la production de l'énergie électrique dont nous aurons à reparler. Ce sont : le lac d'Esteaus (6.000.000 m³), lac d'Artouste (16.000.000 m³), lacs d'Oredon (7.270.000 m³) Cap-de-Long (7.000.000 m³), Aubert (4.600.000 m³), Aumar (1.100.000 m³), (tous les quatre tributaires de la Neste d'Aure), le lac de l'Oule (6.600.000 m³), le lac de Caillaouas (18.000.000 m³) le lac d'Oo (15.000.000 m³).

D'après les services techniques de l'Upepo, l'ensemble de ces réserves, dont le volume utile total est de 83 millions de m³, peut donner, quand leur utilisation est satisfaisante, 200 millions de kwh. Le rendement par m³ emmagasiné serait donc de 2,5 kwh environ sensiblement supérieur à ce qu'il est dans les Alpes.

En appliquant le coefficient moyen de 2,5 kwh à l'ensemble des réserves pyrénéennes, on obtient une tranche d'énergie régularisée de 250 millions de kwh, soit 20 % de la prodction totale d'énergie hydraulique en 1932, au lieu de 5 à 6 % dans les Alpes. C'est là un élément de supériorité incontestable du domaine pyrénéen sur le domaine alpin.

Trois autres lacs (étang d'Araing, Portillon, lac Glacé) totalisant 57 millions de m³ de tranche utile sont en cours d'aménagement ; 10 représentant 80 millions de m³ sont en projet ; 5 pour 42 millions de m³ paraissent possibles.

b) *Consommation*

La consommation intérieure de la région des Pyrénées, 1.399 millions de kwh représente 96 % de la production totale de la région : 1.461 millions de kwh.

Sur ces 1.399 millions de kwh, les usages industriels proprements dits emportent :

	Millions de kwh	%
Electrochimie-Electrométallurgie	595	42,5
Traction	111	7,9
Autres usages industriels H.T.	367	26,3
	1.074	76,7

Le reste, soit 325 millions de kwh, a été transformé en énergie basse tension pour petite force motrice, lumière et autres usages domestiques.

La consommation d'énergie basse tension n'est pas même la moitié de celle de la région des Alpes, pour 14 départements au lieu de 12. Si l'on songe enfin que la production d'énergie est à peine la moitié de la production d'énergie des Alpes, on comprend que le degré d'industrialisation apparaisse très élevé dans les Pyrénées et que cette région ait peu d'énergie à exporter : 62 millions de kwh au lieu de 503 millions dans les Alpes.

Il faut l'attribuer au développement extrêmement rapide qu'ont eu les centres d'électrochimie et d'électrometallurgie de cette région pour utiliser les installations de guerre, développement qui a été grandement facilité par une organisation des échanges d'énergie intrarégionaux qui n'a pas encore son équivalent dans la région des Alpes, où les tendances particularistes sont restées plus tenaces.

Mais l'importance absolue de ces industries est quand même très loin d'atteindre ce qu'elle est dans les Alpes. La consommation nette d'énergie de ce genre d'industrie, 520 millions de kwh, ne représente en effet que 28 % et non pas 51 % comme dans les Alpes, de la consommation correspondante du territoire entier.

§ 3. *Massif Central*

Le Massif Central est un ancien massif hercynien, usé en pénéplaine, qui tire ses caractéristiques hydrographiques des quatre traits suivants :

a) *Altitude moyenne faible* : Les régions supérieures à 1.500 m. sont superficiellement peu étendues, et l'ensemble des hautes surfaces alimentant les cours d'eau se tient au voisinage de 1.000 m. Aussi, les hauteurs de chutes sont-elles en général médiocres et ne permettent pas l'édification d'usines dites de hautes chutes comme dans les Pyrénées.

b) *Climat rude* : La situation centrale du Massif le soustrait aux influences océaniques et le climat est exclusivement continental. Les chutes de neige sont abondantes, mais l'absence totale de glaciers rend la poussée des eaux de printemps impétueuse mais de courte durée.

c) *Régime hydrographique torrentiel* : Ce régime étant presque exclusivement pluvial, ne peut qu'être torrentiel :

les débits kilométriques atteignent cependant, pour certains cours d'eau, ceux des rivières des Alpes du Sud et des Pyrénées de l'Est, mais restent inférieurs à ceux des Pyrénées occidentales ou des Alpes du Nord. Aussi, par suite de l'absence de glaciers, l'étiage d'été est-il très sévère. Celui d'hiver l'est beaucoup moins, du moins dans les années où l'hiver n'est pas exceptionnellement rigoureux, mais assez pluvieux ; les usines du Massif Central demeurent alors complémentaires de celles des Alpes, dont l'étiage d'hiver ne peut se corriger comme celui des Pyrénées par l'énergie des lacs.

d) *Absence de grands collecteurs convergents* : Il résulte de sa position centrale que les rivières de ce Massif devaient naturellement se disperser vers les plaines pour ne se rassembler que trop tard, quand elles ont perdu avec la pente toute valeur dynamique. Telle est la direction générale parallèle des affluents ou sous-affluents de la rive droite de la Garonne. Seule, la Dordogne présente un réseau convergent, dont il a d'ailleurs été habilement tiré parti.

Aussi les torrents du Massif Central n'ont pas le débit et la continuité des torrents alpins, et n'ont pas les hauteurs de chute des torrents pyrénéens.

Cependant, l'ensemble des richesses hydrauliques du Massif Central, en raison de son étendue et des très nombreux cours d'eau qui en descendent finit par être supérieur à celui des Pyrénées (tableau 1), du moins d'après la division hydrographique que nous avons adoptée. L'aménagement de ces richesses hydrauliques était à peine commencé au début de la guerre, les conditions de lieu moins favorables ayant détourné le choix des hydrauliciens vers les chutes pyrénéennes ou alpines.

Mais des études très complètes entreprises depuis lors ont permis de mieux dégager les possibilités d'aménagement hydrauliques de cette région et ont fait apparaître la nécessité de créer des réservoirs artificiels pour parer au défaut de régularisation naturelle des cours d'eau.

De vastes projets sont issus de ces études et la réalisation de la plupart d'entre eux est aujourd'hui très avancée, si bien que le Massif Central qui, au premier abord, paraissait deshérité, possède aujourd'hui les plus puissantes chutes

de montagne française (Brommat, Le Pinet, Eguzon, etc...). Leur réalisation, tant par leur puissance que par les difficultés de leur aménagement, fait certainement le plus grand honneur à l'industrie française.

Les données statistiques essentielles qui caractérisent le domaine hydro-électrique du Massif Central sont les suivantes pour l'année 1932 :

a) *Production :*

Nombre d'usines supérieures à 1.000 kva installées du 1^{er} janvier 1933 : 52, pour une puissance installée totale de 716.000 kva, soit 13.800 kva par installation, très supérieure à celle des deux autres régions hydrauliques.

Si l'on considère la puissance normale disponible, elle est, pour ces 52 usines, de 266.000 kw, soit une moyenne de 5.100 kw, supérieure à la puissance moyenne de la chute française (4.550 kw) et pour les 191 usines en construction, en projet ou paraissant possibles, de 842.000 kw, soit une moyenne de 4.300 kw, sensiblement inférieure comme dans les Pyrénées, mais pas comme dans les Alpes, à la puissance moyenne des chutes déjà aménagées.

Le coefficient d'aménagement 0,31 est comparable à celui des Pyrénées, mais supérieur à celui des Alpes, ce qui prouve la très grande activité déployée dans cet aménagement, à peine commencé il y a 20 ans.

Le tableau suivant donne les caractéristiques principales et l'emplacement géographique des centrales hydrauliques du Massif Central, dont la puissance installée est supérieure à 25.000 kva.

Centrales hydrauliques	Puissance installée kva	Puissance normale disponible kw	Hauteur de chute brute m.	Cours d'eau	Départements	Sociétés
Brommat	195.000	68.000	250	Truyère	Aveyron	F.M. Truyère
Eguzon	62.500	16.500	59	Creuse	Indre	Usine hydro-électrique.
Pinet	40.000	14.000	35	Tarn	Aveyron	E.E. Rouergue
Laval-de-Cère	37.000	13.700	110	Cère	Corrèze	Hydro-électrique de la Cère
Lamativie	36.250	17.800	154	Cère	Cantal	d°
Diège	36.000	8.150	130	Diège	Corrèze	Hydro-électrique de la Diège
Coindre	28.500	10.600	126	Rhue	Cantal	P.O.

On dénombrait au 1^{er} janvier 1933, 21 réservoirs artificiels dans toute la région du Massif Central représentant un volume de réserves utiles de près de 140 millions de m³, supérieures aux réserves lacustres des Pyrénées, mais plus dispersées et surtout à moins haute altitude. Il faut donc s'attendre à ce que le prix de revient de l'énergie ainsi valorisée soit plus élevé que dans les Pyrénées.

En revanche, et c'est une caractéristique assez fréquemment observée des usines du Centre, le barrage tient lieu souvent de prise d'eau (barrages de Rochebut, d'Eguzon). La pente générale étant faible, les canaux d'amenée seraient trop longs. On préfère barrer la rivière et installer l'usine au pied du barrage ou à très courte distance.

Les plus importants des réservoirs actuels sont le barrage d'Eguzon sur la Creuse (25 millions de m³), celui de Rochebut sur le Cher (20 millions de m³) et celui de Saint-Marc sur le Taurion (15 millions de m³).

Par contre, sont en projet ou en cours de construction, un certain nombre d'ouvrages plus imposants, dont quelques-uns seront comme les réservoirs alpins des réservoirs régulateurs en tête de vallée. Ce sera par exemple le cas du barrage de Chavanon, qui doit retenir 150 millions de m³ utiles, et sera alimenté par la Dordogne détournée de son cours, et par le Chavanon et la Clidane. L'eau émise par ce réservoir sera utilisée par les 7 usines existantes, en construction ou en projet sur le cours de la Dordogne, et qui totalisent 380 m. de hauteur de chute.

L'énergie régularisée ainsi produite, en supposant une seule vidange, serait environ de :

$$\frac{7 \times 380 \times 150.000.000}{3.800} = 110.000.000 \text{ kwh}$$

soit 0,73 kwh par m³ de tranche utile, résultat du même ordre que pour les réservoirs alpins.

Sont également en construction le réservoir de Marèges (35 millions de m³) également sur la Dordogne, le réservoir de Saint-Etienne de Cantalès sur la Cère (57 millions), le réservoir de Saint-Peyres, sur l'Arn (32 millions) et enfin le grand réservoir de Sarrans, sur la Truyère (175 millions) qui travaillerait également, comme celui de Chavanon, sur une hauteur de chute totalisée de près de 400 m.

Le volume total utile de ces 5 barrages en construction est de 467 millions de m³, ce qui, avec les réservoirs actuels, doterait le Massif Central d'une tranche d'énergie régularisée très supérieure à celle des Pyrénées. Les travaux à exécuter sont malheureusement beaucoup plus coûteux.

Quant aux réservoirs en projet ou paraissant possibles, les statistiques ministérielles en dénombrent une soixantaine, représentant un volume total de 1.500 millions de m³.

Comme pour les Alpes, le programme n'est donc pas près d'être épuisé. Il faut d'ailleurs remarquer que la proportion de réservoirs aménagés, lorsque les ouvrages actuellement en cours seront achevés, donnera un coefficient d'aménagement sensiblement égal à celui des chutes d'eau proprement dites.

b) *Consommation :*

La consommation intérieure de la région du Massif Central : 911 millions de kwh en 1932, représente 72 % seulement de la production totale de la région au lieu de 84 % pour la région des Alpes, et 96 % pour la région pyrénéenne. C'est donc une région relativement plus exportatrice que les autres, ce qui s'explique en raison de sa proximité de la région parisienne.

Sur ces 911 millions de kwh, les usages industriels proprement dits emportent :

	Millions de kwh	%
Electrochimie-Electrometallurgie	285	31, 3
Traction	19	2, 1
Autres usages industriels H.T.	351	38, 6
	655	72

Le reste, 256 millions de kwh, a été transformé en énergie basse tension pour petite force motrice, lumière et autres usages domestiques et, pour le même nombre de départements, est inférieure d'un quart à la consommation d'énergie basse tension des Pyrénées, laquelle était déjà à peine la moitié de celle des Alpes.

Malgré un appoint d'autres usages industriels équivalents à celui des Pyrénées, le coefficient d'industrialisation est inférieur de 4 points à celui des Pyrénées, en raison du moindre développement des industries électrochimiques.

et électrométallurgiques, et surtout du très faible développement de la traction électrique qui n'a pas encore pénétré au cœur du Massif Central.

Sur la consommation d'énergie totale de l'industrie électrométallurgique pour le territoire entier, la région du Massif Central n'intervient que pour 13 %, 51 % revenant à la région des Alpes, 28 % aux Pyrénées, et le reste, soit 8 % aux régions autres que les trois régions spécifiquement hydrauliques.

Ne retenant que les consommations principales en valeur absolue, la comparaison entre les 3 régions ressort du tableau suivant :

10 × kwh	Nombre de départem.	Usages industriels	Lumière et force motrice	Total énergie consommée
Alpes	12	1.779	826	2.605
Pyrénées	14	1.074	325	1.399
Massif Central	14	655	256	911

et traduit bien le développement beaucoup plus accentué des industries de houille blanche dans la région des Alpes, en raison de l'exceptionnelle abondance des richesses hydrauliques de cette région, et de leur mise en valeur déjà ancienne⁷.

7. Le rapport de 1934 (pour l'année 1933) de la Chambre syndicale, publié après la rédaction de ces lignes, nous permet d'ajouter un complément d'information à ce qui précède. Ce rapport évalue la capacité de production de notre domaine hydraulique en 1936, à 12.226 millions de kwh, alors que nous l'avons évalué nous-même, page 49 à 12.400 millions pour 1935. Enfin, il donne la capacité mensuelle de production de nos régions hydrauliques supposées intégralement conjuguées. Nous la reproduisons ci-dessous, en l'accompagnant d'un index, qui montre l'irrégularité encore assez sérieuse de notre production hydraulique, en dépit des travaux de régularisation de bassins versants ou d'interconnexions de régions, déjà en service ou qui le seront en 1936. Les écarts à la moyenne maxima sont encore de —20,6 % en février et + 23,9 en juin ; il y a un deuxième étiage en septembre avec —15,6 %.

	Millions de kwh	Écarts à la moyenne		Millions de kwh	Écarts à la moyenne
janvier	910	— 9	juillet	1.073	+ 7,3
février	794	— 20,6	août	901	— 9,9
mars	1.032	+ 3,2	septembre	844	— 15,6
avril	1.045	+ 4,5	octobre	964	— 4,6
mai	1.306	+ 30,6	novembre	991	— 0,9
juin	1.239	+ 23,9	décembre	1.007	0
			Total	12.106	

Section II

Quelle a été la progression de l'aménagement de nos richesses hydrauliques ?

Nous avons étudié dans la section I de ce chapitre, quel était l'état actuel, arrêté-au 1^{er} janvier 1933, de l'aménagement de nos forces hydrauliques, pour chacune des 3 grandes régions hydrauliques.

Nous allons examiner maintenant, mais pour l'ensemble du territoire, quelle a été la progression de cet aménagement et dans quelle mesure on peut comparer à cette progression des aménagements nouveaux celle des capitaux investis dans ce groupe d'industries, ainsi que la variation du loyer de l'argent à long terme.

On trouvera en annexe (tableau A) la progression des puissances installées et des puissances normales disponibles depuis 1923, point de départ de nos études statistiques.

Antérieurement à cette date on peut donner quelques chiffres servant de points de repère. En ne retenant que les installations électrifiées supérieures à 500 cv, les chiffres les plus fréquemment cités pour la puissance installée, dont il est relativement facile de retrouver la trace dans les archives, sont les suivants :

En 1899	150.000 kw	}	par an	26.500 kw
En 1914	550.000 —		par an	66.000 —
En 1919	880.000 —	}	par an	55.000 —
En 1923	1.100.000 —		par an	130.000 —
En 1933	2.400.000 —	}		

Pour avoir des données homogènes et en l'absence de toute précision sur les données anciennes, nous avons transformé les puissances installées apparentes de 1923 et 1933 en puissances réelles, en supposant un facteur de puissance égal à 0,85.

Mais ces chiffres ne correspondent pas aux puissances

normales disponibles, qui sont beaucoup plus faibles. Ils indiquent seulement la progression de l'installation *du matériel*, et suffisent à montrer le rapide essor qu'a pris l'aménagement de nos chutes d'eau dans ces dix dernières années, après un léger ralentissement pendant la période immédiate d'après-guerre.

Bien entendu ce sont les Alpes qui tiennent la tête, tant pour la précocité des aménagements que pour la rapidité d'accroissement de ceux-ci.

En 1903, l'ensemble des Alpes du Nord, premier foyer actif de la houille blanche, possédait 107.000 kw de puissance installée, en 1916, 389.000 kw, en 1919, 516.000. La progression dans la période 1903-1916 est de 21.500 kw par an, de 42.000 kw de 1916 à 1919, absorbant régulièrement les 4/5 de l'ensemble des aménagements français.

Dans les Pyrénées, la mise en exploitation des chutes d'eau s'était bornée en général, avant 1914, à de petits aménagements et, au début de la guerre, la puissance installée ne dépassait pas 80.000 kw, soit 15 % de l'équipement d'ensemble du territoire. Cette puissance installée était passée en 1919 à 156.000 kw, soit 15.000 kw par an.

Quant au Massif Central, on n'y comptait guère en 1914 que 40.000 kw de puissance installée, et, partant de plus bas, la progression y a été plus rapide encore que pour les deux autres régions, à tel point, nous l'avons vu, que c'est dans le Massif Central que la proportion des forces hydrauliques aménagées est aujourd'hui la plus élevée ⁸.

Si maintenant, on place, en regard des chiffres-repère précédemment retenus pour les puissances installées, le total des capitaux investis à ces différentes époques par l'ensemble des industries de houille blanche (production, distribution, électrochimie, électrométallurgie) on peut se rendre compte également de la progression des capitaux investis par unité de puissance installée.

8. Données extraites du rapport de M. le Professeur Blanchard. *La houille blanche dans l'économie nationale en France et à l'étranger*, 3^e Congrès de la Houille Blanche 1925. Section économique 1^{er} rapport, p. 7.

9. D'après l'*Annuaire de la chambre syndicale des Forces hydrauliques*

Puissance installée		Total des capitaux investis depuis l'origine millions de francs	Investissement par unité de puissance pour chaque période
1899	150.000 kw	134	2.200 fr.
1914	550.000 —	1.025	
1919	880.000 —	1.885	2.600 —
1923	1.100.000 —	3.175	5.800 —
1933	2.400.000 —	12.159	6.900 —

Ces chiffres se rapportent bien entendu à l'ensemble des installations de production, de distribution et d'utilisation au pied de la chute. Ils ne représentent pas les prix *réels* d'installations, certaines de ces installations ayant fort bien pu être réalisées au titre des réserves, ce que la statistique des émissions nouvelles ne peut déceler.

Pour étudier avec plus de détails la progression des aménagements hydrauliques nouveaux dans la période 1923-1933 qui fait principalement l'objet de notre étude, nous avons dressé le tableau suivant (tableau II) où nous avons mis en regard la puissance des aménagements réalisés, exprimée cette fois en unités de puissance normale disponible, les capitaux investis, soit sous forme d'actions, d'obligations ou de bons, enfin le taux de l'argent à long terme. Pour donner une idée de l'importance des capitaux investis dans les industries de houille blanche proprement dites (production, distribution, électrométallurgie) nous avons fait figurer en regard des émissions se rapportant à ces industries, données par la Chambre syndicale des forces hydrauliques, le chiffre des émissions indiquées par la *Statistique Générale de la France*, pour l'ensemble des sociétés de production et de distribution d'électricité. En ce qui concerne le loyer de l'argent à long terme, les renseignements utilisés sont ceux donnés par la S.G.F. pour l'ensemble du marché des obligations. Les taux pratiqués par les émissions se rapportant spécialement aux sociétés d'électricité ne sont pas donnés régulièrement. Ils ont été parfois assez différents,

notamment pendant la période de tension monétaire de 1926 où ils ont atteint, pour ces sociétés, 9,85 % au lieu de 8,94 pour l'ensemble du marché.

Ce tableau appelle quelques commentaires dont on retrouve les échos dans les débats parlementaires ou dans es rapports des représentants qualifiés de l'industrie électrique, devant le Conseil National Economique, pour souligner avec insistance le lien de dépendance extrêmement étroit qui existe entre ces travaux d'aménagement et la conjoncture financière.

M. Gabriel Tochon¹⁰ indiquait notamment que, sur les 387.183 kw de puissance normale disponible, en cours d'aménagement au 1^{er} janvier 1926, il ne restait plus au début de 1927, compte tenu des 18.350 kw mis en eau, que 160.000 kw réellement en cours de construction, la différence, soit un peu plus de 200.000 kw, se rapportant à des travaux amorcés mais virtuellement interrompus.

Analysant les causes de cette crise de construction, M. Tochon les attribuait, d'une part, à la défiance de l'épargne, par suite de laquelle la capacité d'absorption du marché monétaire français était passé de 46 milliards en 1920, à 30 milliards en 1921, 15 en 1922, 21 en 1923, 13 en 1924 et 5 en 1925, en dépit d'une augmentation continue des dépôts en banque et des excédents de dépôts sur les retraites dans les Caisses d'Epargne : d'autre part, à la hausse du loyer de l'argent ajoutée à la hausse des prix, cette seconde cause était plus particulièrement redoutable pour les entreprises hydro-électriques.

Quelques mois plus tôt, devant la Chambre des Députés, M. Antoine Borrel, rapportant au nom de la Commission des Mines de cette assemblée le projet de loi de Monzie, sur le développement de l'aménagement des forces hydrauliques, faisait entendre le même son de cloche et estimait à 181.000 kw la puissance des chutes concédées dont les travaux d'aménagements avaient été interrompus¹¹.

10. *J. Off.*, du 24 mars 1927, Annexe 14, 1^{re} série de rapports au C.N.E., p. 209.

11. Chambre des députés, *Documents parlementaires*, Annexe N° 3.616, 2^e séance du 29 novembre 1926.

TABLEAU III

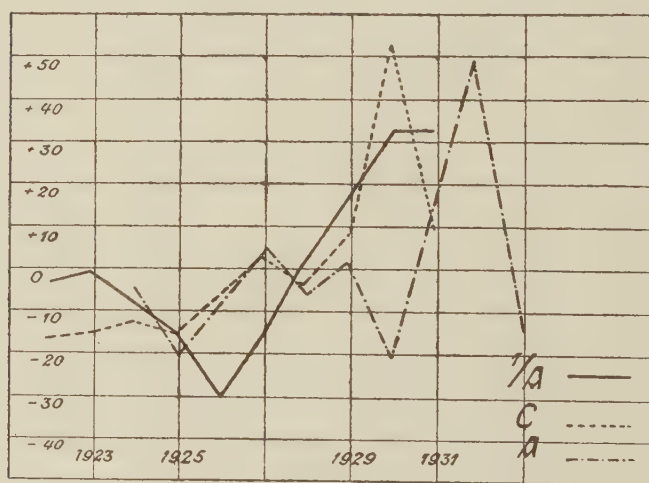
	<i>Capitaux investis</i> Moyenne : 865 millions			<i>Aménagements nouveaux</i> Moyenne : 60,225 kw			<i>Loyer de l'argent à long terme.</i> Moyenne : 6,41		
	Capitaux investis en millions	Ecart à la moyenne	Ecart réduits	Aménagements nouveaux kw	Ecart à la moyenne	Ecart réduits	R	1/ R	Ecart à la moyenne
1922	300	—	65,3	—	15,8	—	6,41	15,6	—
1923	322	—	62,8	—	15,2	—	6,27	16	—
1924	434	—	49,8	—	12,1	—	6,74	14,9	—
1925	294	—	66	—	16	—	7,59	13,2	—
1926	554	—	36	—	8,7	—	8,94	11,2	—
1927	967	+	12	—	2,9	—	7,40	13,5	—
1928	733	—	14	—	3,4	—	6,03	16,6	—
1929	1.114	+	29	—	7	—	5,36	18,7	—
1930	2.760	+	220	—	53,3	—	4,69	21,4	—
1931	1.170	+	35	—	8,5	—	4,68	21,4	—
1932				101.635	+	70	4,68	21,4	—
1933				200.520	+	232	4,68	21,4	—
				18.425	—	69,3			—
						15,0			—

M. Maroger¹² notait également que la conjoncture financière agit sur cette industrie, soit comme un excitant, soit comme un frein.

On comprendra mieux la raison de cette dépendance lorsque nous aurons analysé (Titre II, Ch. I, p. 165) le mécanisme du coût de production de l'énergie hydro-électrique.

Dès maintenant, il est possible de montrer qualitative-ment l'étroitesse de cette dépendance, en appliquant aux séries statistiques constituées par les capitaux investis, les aménagements nouveaux, le taux de l'argent à long terme, les méthodes aujourd'hui classiques de la science statistique. Pour le loyer de l'argent, les calculs ont été faits sur l'inverse $\frac{1}{R}$ c'est-à-dire le nombre de francs qu'on peut se procurer sur le marché de l'argent à long terme en consentant à donner 1 fr. d'intérêt.

Les résultats de ce travail sont résumés dans le tableau III et le graphique de la fig. 1 qui l'accompagne.



Nous avons appliqué la méthode des écarts à la moyenne réduits par le quotient des écarts quadratiques, rapportés à l'écart quadratique d'une des séries prise comme base.

12. J. O., du 23 août 1933, Annexe 38, 7^e série de rapports au C.N.E., p. 909.

Pour le loyer de l'argent, le taux moyen est de 6,41 et l'écart quadratique moyen (standard deviation dans le langage d'Harvard) est 19,8.

Pour les capitaux investis, la moyenne est de 865 millions et l'écart quadratique moyen de 81,9.

Pour les aménagements, la moyenne est de 60.225 kw et l'écart quadratique de 91.

Les écarts réduits ont été obtenus pour les capitaux investis, en divisant les écarts à la moyenne par le quotient

$$\frac{81.9}{19.8} = 4,13, \text{ et pour les aménagements par le quotient}$$

$$\frac{91}{19.8} = 4,6.$$

La fig. 1 traduit graphiquement la courbe des écarts réduits.

La courbe des aménagements nouveaux (A) se juxtapose étroitement à celle des capitaux investis (C) pendant 6 années, de 1924 à 1929 inclus. C'est ce que l'on peut appeler la période de « progression à pas comptés ». Les investissements, bien qu'en progression lente de même que les aménagements, sont freinés par la dérobade continue des capitaux d'épargne de 1923 à 1926, qui ne sont, si l'on peut dire, accordés aux entrepreneurs qu'au compte goutte, par petites tranches successives. Le point culminant de cette période de démarrage, en 1927, correspond avec un décalage de 4 ans, aux conditions monétaires relativement satisfaisantes de 1923. La progression des aménagements s'inverse de 1927 à 1930 et l'année 1930 marque un « creux » dans les aménagements nouveaux correspondant avec le même décalage de 4 années, à la période d'extrême tension monétaire de 1926.

De 1926 à 1930, amélioration continue des conditions monétaires, et nous entrons, à partir de 1929, dans une deuxième période de « progression brusquée ».

L'accroissement continu de la consommation, dont nous aurons à déterminer la cadence (page 256) fait craindre aux producteurs de ne pouvoir satisfaire les besoins ; les investissements se précipitent, deviennent massifs. Bien entendu, les aménagements eux-mêmes ne peuvent suivre le même rythme et à partir de 1930, s'établit un décalage d'une

année d'abord, de 2 années ensuite, entre la courbe des aménagements nouveaux et celle des capitaux investis.

Après la seconde crise de crédit de 1931, d'ordre presque exclusivement psychologique, les conditions monétaires sont redevenues bonnes pour un certain temps. Cela n'a pas empêché les aménagements nouveaux de subir en 1933, un fléchissement, du même ordre que celui de 1930, bien que correspondant à une conjoncture monétaire tout à fait opposée. La raison en est d'ordre exclusivement économique et cet arrêt brusque des aménagements doit être attribué à la menace de surproduction qui a commencé à se dessiner dès 1931. Enfin, l'élévation actuelle du taux de l'intérêt constitue un frein supplémentaire non moins efficace aux aménagements nouveaux: le taux réel auquel ont emprunté les entreprises hydro-électriques a été en 1933 de 7,15 % au lieu de 5,3 en 1931.

Ainsi que l'a très justement écrit M. Aftalion : « On ne peut agir sur le cycle économique par le moyen du crédit que pendant la prospérité, en accordant ou en refusant les crédits demandés, de même qu'un lubrifiant ne peut avoir quelque action sur une machine que si elle n'est pas cassée ; si elle l'est, toute l'huile du monde ne la fera pas tourner »¹³.

13. A. Aftalion, *Monnaie et Industrie*, p. 114.

CHAPITRE III

LA LOI DE CONCENTRATION

Section I

La concentration sur le plan technique

L'industrie hydro-électrique, pas plus que les autres industries, n'a échappé à cette loi qui caractérise, sauf peut-être à un moindre degré dans l'économie agricole, toutes les branches de l'activité humaine, à l'époque moderne.

§ 1. *Premier stade : la phase artisanale*

Tant que l'utilisation de la puissance vive de l'eau s'est faite de façon fragmentaire, à l'aide d'installations rudimentaires de petite puissance, elle n'a connu et ne pouvait guère connaître que la forme artisanale, plus exactement même préartisanale. Les propriétaires de ces petites installations, pour la plupart des meuniers, se contentaient de transformer en farine et en son les céréales qu'on leur apportait. Ce premier groupe de très petites installations, le plus nombreux, faisait partie intégrante de l'économie agricole.

La création des manufactures, du XVI^e au XVIII^e siècle, fut un rassemblement de forces musculaires, d'habiletés individuelles, groupées, classées, dirigées, sous la main d'un unique patron.

L'apparition de la machine à vapeur ne fit que transformer la manufacture en « machinofacture », ce qui de-

vrait être le vrai nom de la fabrique, comme le propose M. Vandervelde.

Il ne pouvait en être de même de cette multitude de forces naturelles dispersées le long des cours d'eau. Force était de les utiliser sur place, sous la forme fragmentaire, où on savait les capter, et très certainement, cette forme artisanale aurait persisté encore longtemps si tout un cycle d'inventions successives n'avait permis de produire l'énergie hydro-mécanique d'abord, l'énergie hydro-électrique ensuite sous forme de plus en plus concentrée.

Avant d'en arriver à la phase industrielle moderne, se place un stade intermédiaire, correspondant à la période de gestation et de tâtonnement des inventions, mais qui donne lieu cependant à quelques réalisations industrielles méritant d'être signalées. Ce deuxième stade occupe à peu près tout le XIX^e siècle. Quant au premier, il est bien difficile de lui assigner des limites dans le temps. Ses origines sont très imprécises, en tout cas fort anciennes, et il n'est point encore révolu. En dépit des triomphes de l'hydro-électricité, les petits moulins tournent encore. Certains d'entre eux sont d'ailleurs dotés de roues relativement perfectionnées, où un calcul plus précis des formes d'aubes a permis d'améliorer très sensiblement le rendement puisqu'il atteint aujourd'hui de 70 à 90 %, suivant les types ¹.

§ 2. Deuxième stade :

Phase mi-industrielle, mi-artisanale : les grandes industries

Dans des conditions de lieu particulièrement favorables et exceptionnelles, l'utilisation de la puissance vive de l'eau à l'aide de roues hydrauliques, avait permis la création de petites entreprises disposant d'une puissance mécanique suffisante pour pouvoir se livrer à une activité industrielle.

Des coutelleries, des tanneries, des scieries, des pape-teries, sont ainsi nées le long de nos rivières de France dès le XVIII^e siècle.

Deux installations plus importantes méritent une mention spéciale : ce sont les moulins de Bazacle et les Forges royales de Crans près d'Annecy.

1. M. Châlons, *L'évolution des turbines*, loc. cit., p. 5.

Parallèlement à l'emploi de roues à axe horizontal on avait eu l'idée de placer l'axe vertical, disposition qui se prêtait particulièrement bien à l'entraînement des moulins à blé. Les applications en furent nombreuses et on trouve encore de nombreux rouets de ce genre dans le Midi de la France et en Espagne où ils furent introduits par les Maures.

Une des installations les plus remarquables de ces roues était celle des moulins de Bazacle, à Toulouse, où vingt cinq appareils semblables actionnaient vingt cinq meules de front. C'était une véritable usine.

Le second exemple d'installation de cette époque ayant atteint la forme industrielle nous est fourni par les Forges et Fonderies de Crans, sur lesquelles M. Ad. Bruno, ingénieur des Arts et Manufactures, un des anciens directeurs de ces usines, a bien voulu nous donner quelques renseignements originaux. *

Les eaux du Thiou, émissaire du lac d'Annecy, actionnent successivement : une filature de coton, une cartonnerie, une scierie mécanique, un tissage, une papeterie et enfin, une forge et fonderie.

Cette utilisation industrielle de l'énergie du Thiou date des premières années du XIX^e siècle, et c'est un bel exemple d'utilisation intégrale de l'énergie hydraulique sur tout le parcours d'un cours d'eau à l'aide de simples roues hydrauliques. C'est bien pourquoi d'ailleurs 6 usines ont été nécessaires. Ce bienheureux torrent disposait même d'un lac régulateur, le lac d'Annecy, dont les vannes de réglage du débit avait été étudiées et installées par Sadi-Carnot, futur président de la République, à ce moment-là ingénieur des Ponts et Chaussées à Annecy.

A la chute du Premier Empire, ces chutes passèrent sous le régime sarde de la concession, qui les régit encore.

Les Forges et Fonderies royales de Crans, les seuls de tout le royaume du Piémont, se livraient à la fabrication de la fonte de bois et à son affinage au four catalan, à partir du minerai de fer de la Maurienne.

Les martinets qui servaient à la transformation de ce fer en barres étaient mus par des roues hydrauliques, utilisant la chute par biefs successifs, d'où la disposition de l'usine

en étages. La hauteur de chute totale était de 12 m. pour une puissance de 800 à 900 cv.

Successivement, ces nombreuses roues hydrauliques sont remplacées par des turbines travaillant sur la chute totale ; mais ces remplacements commencés en 1862, ne sont achevés qu'en 1902 et s'effectuent au fur et à mesure que la nécessité d'accroître la puissance mécanique, pour mouvoir de nouvelles ou de plus puissantes machines, les justifiait.

Ces usines, qui existent toujours et se livrent maintenant à la fonderie de l'aluminium et à son laminage, offrent un très bel exemple de survivance d'une industrie fort ancienne restée entre les mains d'une même famille, qui, grâce à une gestion prudente et sage, a su puiser dans son propre fonds, sans appel au crédit, les ressources nécessaires à ses transformations successives, au fur et à mesure que des circonstances économiques nouvelles l'exigeaient.

Rappelons les dates essentielles de cette période intermédiaire. Le mathématicien Euler avait bien donné précédemment une théorie du fonctionnement des roues à réaction, et de nombreux essais faits sur ces roues par Branca, Borker, Signe, Euler lui-mêmes, restèrent sans applications pratiques². Les travaux de Bernouilli, dont le théorème qui porte son nom demeure un des principes fondamentaux de l'écoulement des liquides, avaient enrichi le patrimoine de la science de l'hydraulique ? Mais il manquait le réalisateur. Il ne devait venir qu'au XIX^e siècle.

En 1823, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, soupçonnant l'intérêt du problème proposait un prix de 6.000 fr. qui serait décerné à celui « qui parviendrait à appliquer en grand, d'une manière satisfaisante, dans les usines, les turbines hydrauliques, ou roues à palettes courbes³.

C'est à l'ingénieur français Fourneyron, de Saint-Etienne que revint l'honneur d'avoir trouvé, après quatre années de recherches, la solution à la question posée par la Société

2. M. Châlons, *L'Evolution des turbines*, op. cit.

3. *L'évolution des turbines*, op. cit., p. 6.

d'Encouragement. En 1832, Fourneyron faisait présenter une roue à pression *universelle et continue*. C'est en fait la première turbine à réaction proprement dite, qui a servi de point de départ aux turbines modernes. On se rendra compte du chemin parcouru en quelques années, si l'on veut considérer que jusqu'à cette époque, la plus haute chute utilisée était de 14 mètres, chute pour laquelle on avait dû construire une roue de 19 mètres de diamètre, alors qu'en 1837, il était possible d'installer dans la Forêt Noire deux turbines Fourneyron de 60 cv chacune, sous une chute de 114 mètres de hauteur. En même temps, on obtenait avec ces turbines un rendement tout à fait comparable à ceux qui sont réalisés actuellement⁷. La turbine était née.

Parallèlement aux turbines à réaction se précisait également le principe des turbines à action auxquelles Poncelet était conduit, sous la forme de turbines centripètes à injection partielle. Ce n'est cependant que vers le milieu du XIX^e siècle que furent réalisés les premiers types vraiment intéressants de turbines à action, turbines centripètes de Zuppinger, turbines hélicoïdes et turbines centrifuges de Girard. Enfin, c'est en 1880 que l'Américain Pelton proposa la forme dans laquelle allaient se fixer les turbines à action : la roue à augets avec injection tangentielle⁴.

En France, c'est en 1869 seulement qu'Aristide Bergès, devenu le « père de la houille blanche » met en service à Lancey une chute de 200 m. de hauteur, la première en France, pour actionner une râperie de bois mécanique. Une chute de 500 m. en 1882, puis d'autres sur les ruisseaux avoisinants, furent dans la suite successivement aménagées, au fur et à mesure des agrandissements de l'usine.

Une évolution toute semblable se produisait parallèlement dans le domaine de la construction des machines électriques, qui devait permettre de donner à l'énergie hydro-mécanique le pouvoir de quitter le flanc des montagnes où elle était née.

La période ingrate qui prélude à la naissance de toutes les industries nouvelles devait durer environ un demi-

4. *L'évolution des turbines, loc. cit.*, p. 8 et 9.

siècle. Les travaux et les découvertes de savants tels que : Oerstedt, Volta, Gauss, Faraday, Coulomb, Ampère, Maxwell et tant d'autres, avaient montré le chemin.

En 1835, le Russe Jacobi construisit, dit-on, le premier moteur électrique, mais c'est en 1870 seulement que le Belge Zenobie Gramme faisait connaître sa célèbre dynamo, la première génératrice d'électricité.

La cadence allait désormais se précipiter.

En 1873, Fontaine découvre à l'Exposition de Vienne, à la suite d'une erreur de montage, — prétendent ses chroniqueurs, — la réversibilité des machines électriques, dont toute la fécondité d'application devait être révélée, mise en lumière et imposée par Marcel Deprez. Ses expériences effectuées au Palais de l'Industrie en 1881, entre Munich et Miesbach en 1882, entre Grenoble et Vizille en 1883, entre Creil et Paris en 1885-1886, resteront classiques. Deprez avait montré la nécessité, pour pouvoir transporter à distance l'énergie électrique, d'en élever préalablement la tension. L'invention des transformateurs allait combler cette lacune.

La période héroïque (1835-1885) était close. Cinquante autres années seront nécessaires pour assurer le plein développement industriel de la jeune industrie. Voyons comment, au cours de ce dernier stade de son évolution, devaient se produire les phénomènes de concentration que nous étudions présentement.

§ 3. *Troisième stade (1900-1920) : la phase industrielle*

Il est tout à fait frappant de constater que les auteurs qui ont eu à s'occuper de cette nouvelle industrie n'ont pas cru tout d'abord à cette concentration. Ou tout au moins, ils ne la désiraient pas, n'en apercevaient pas la nécessité, hypnotisés en quelque sorte par la propriété prestigieuse de cette nouvelle forme de l'énergie, de se disperser au loin, de se diviser. C'est plutôt le phénomène second de « déconcentration » de l'activité industrielle qui attire leur attention, et leur apparaît comme devant être une conséquence du développement de l'industrie électrique.

Parlant de l'installation réalisée par Marcel Deprez à l'Exposition de 1881, pour prouver la possibilité de la transmission de l'énergie électrique, Th. du Moncel et F. Géraudy écrivaient en 1883 ces lignes prophétiques : « Il est probable que nous allons voir prochainement aborder franchement la solution de la distribution de l'énergie par l'électricité. Ce sera là un des grands événements qu'aura vus notre siècle et ce fait constituera une véritable évolution sociale. Ce progrès se résume, en effet, dans ce mot : porter l'électricité à domicile, c'est-à-dire à la fois, la lumière, le travail chimique et la force ; tout cela, par fractions aussi petites qu'on le voudra, mises à la disposition du consommateur par le simple jeu d'un clé »⁵.

M. Gabriel Cordier, président de la Chambre Syndicale des Forces hydrauliques (Rapport Lebrun — Annexe au P.V. de la séance de la Chambre des Députés du 21 février 1908 — *Journal Officiel* n° 1535) soulignait la diffusion de la petite force motrice dans la région stéphanoise. 8.000 clients y consommaient à cette époque une force inférieure à 8.000 cv. Il s'agissait donc, on le voit, d'une clientèle très dispersée. M. Cordier y voyait un facteur de renaissance de l'atelier familial dans l'industrie de la passementerie.

M. Gabriel Tochon, dans sa thèse⁶ paraissait avoir des vues beaucoup plus exactes, en remarquant que le métier familial, même électrifié au lieu d'être manuel, n'en aurait pas moins à lutter contre la fabrique déjà née depuis un siècle, et qui elle aussi peut utiliser l'électricité plus économiquement encore que ne le fera l'artisan. « Ce dernier ne peut donc que tomber au rang de travailleur à domicile, et l'utilisation des métiers électrifiés, en accroissant la productivité du travail et par suite l'offre de main-d'œuvre, ne pourra qu'entraîner une chute des salaires ».

« Ce n'est pas seulement la machine à vapeur qui a tué le métier, mais la division du travail, et une foule d'autres causes. L'emploi du moteur mécanique à domicile n'em-

5. *L'électricité comme force motrice*, Th. du Moncel et F. Géraudy, Paris, Hachette, 1883.

6. *De l'utilisation des cours d'eau non navigables ni flottables en vue de l'établissement des usines hydrauliques*, thèse, Paris, 1908.

pêchera donc pas le métier de disparaître là où les lois économiques l'ont condamné. La renaissance du milieu artisanal peut s'effectuer grâce à la diffusion de l'électricité mais dans des branches de production de qualité où la production en fabrique peut être mise en échec ».

Si l'influence qu'attribue M. Tochon à l'accroissement de la productivité du travail sur la baisse des salaires, peut être contestée, ses vues sur les possibilités de renaissance artisanale nous semblent fort justes ; il n'est pas douteux que l'électrification rurale doive y contribuer.

Mais le véritable aspect, sous lequel nous devons étudier ce phénomène de concentration est la concentration des moyens de production, problème tout différent, et dont la solution ne préjuge en rien de l'évolution qui pourrait intervenir dans le sens visé par les précédents auteurs cités.

L'industrie hydro-électrique du début du siècle ne paraît pas en avoir aperçu la nécessité, tout simplement parce que, dans l'état de la technique à cette époque, elle n'était guère possible, et que, d'autre part, les buts essentiellement limités que s'étaient assignés les pionniers de cette industrie ne l'exigeaient point.

Les travaux de génie civil que nécessitait l'aménagement des premières chutes d'eau étaient déjà, pour l'époque, suffisamment audacieux pour que leurs réalisateurs, si hardis qu'ils fussent, n'aient point songé à jouer la difficulté en s'attaquant à des chutes de grosse puissance. Qu'auraient-ils fait d'autre part des grandes masses d'énergie électrique ainsi produites, à une époque où les applications de l'électricité étaient encore fort limitées. Si leur foi, leur ardeur n'avaient point de limites, les banques locales auxquelles ils s'adressaient, ne devaient point se départir d'une prudence bien légitime, dès lors qu'il s'agissait d'une industrie nouvelle n'ayant pas encore fait ses preuves. Si bien que les capitaux mis à leur disposition devaient forcément leur être chichement mesurés et ne leur permettre que des réalisations qui nous paraissent aujourd'hui fort modestes.

Les constructeurs de turbines ou de matériel électrique n'étaient pas eux-mêmes en mesure de livrer des machines

puissantes. Les méthodes de calcul étaient fort incertaines et les métaux, tant au point de vue mécanique, qu'au point de vue magnétique ou électrique, étaient loin d'être utilisés comme ils le sont aujourd'hui.

Certains problèmes techniques fort difficiles, tels que la commutation, l'isolement des enroulements des alternateurs ou transformateurs, l'évacuation des pertes calorifiques, les phénomènes d'hystérésis, les courants de Foucault, et bien d'autres, devaient arrêter longtemps les ingénieurs et les astreindre à ne progresser qu'au prix de bien des déboires.

Les machines de cette époque, par leur masse imposante en dépit de leur faible puissance, leur silhouette baroque, font sourire aujourd'hui. Elles n'avaient qu'une seule qualité : leur robustesse. Elles ne mourraient jamais.

A toutes ces raisons d'ordre technique s'ajoutaient des raisons d'ordre purement économique, pour justifier pareillement la fragmentation des puissances qui caractérisent cette époque.

Les premiers pionniers de la houille blanche étaient, soit des électro-chimistes, soit des industriels, en général des papetiers, désirant utiliser pour la marche de leurs fabriques, une source d'énergie bon marché.

Les électro-chimistes ou électro-métallurgistes, dont l'art était encore dans l'enfance, n'avaient aucun désir de risquer leurs capitaux péniblement amassés dans des appareils de grande puissance. Ils n'avaient dès lors besoin que de génératrices adaptées à la faible puissance de leurs appareils d'utilisation.

Les industriels qui n'avaient en vue que la force motrice, disposaient déjà d'excédents de puissance et ils les employaient à l'alimentation de petits secteurs locaux. La plupart des contrats conclus avec des collectivités imposaient d'ailleurs, souvent avec des clauses fort rigoureuses, cette utilisation sur place, dans l'espoir de voir s'implanter dans le pays même une industrie nouvelle. La houille blanche, richesse de la montagne, ne devait pas en sortir.

Aussi, pendant ces vingt premières années du siècle, voit-on se former, autour des chutes aménagées, de petits marchés d'énergie purement locaux, sans liens avec les

voisins. Le producteur est parfois son propre client, lorsque c'est un électro-chimiste ou un industriel. Tout au plus, lorsqu'il est en même temps un distributeur, a-t-il à desservir un secteur de peu d'étendue, dans un rayon de 20 à 30 km, où il n'est le plus souvent que permissionnaire. Donc de petits marchés fermés, au sein desquels joue la loi de l'offre et de la demande, très simplement d'ailleurs, puisqu'il n'y a qu'un producteur, quelquefois en concurrence avec des installations thermiques privées.

C'est seulement dans les années qui précèdent la guerre, et sous l'influence de la loi de 1906 qui organisait le système de la concession pour les distributions d'énergie électrique, que lignes de transport et secteurs de distribution prennent de l'extension, donnant lieu quelquefois, lorsque les zones d'influence se compénètrent, à des luttes de tarifs vite apaisées.

On pratique également quelques conjugaisons d'usines, mais la tension des lignes de transport ne dépasse pas 45.000 volts. La Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône, à Lyon, la Société Générale de Force et Lumière à Grenoble, l'Energie électrique du Littoral méditerranéen, sont les doyennes des entreprises de transport et de distribution.

Telle est dans ses grandes lignes la physionomie économique de cette industrie dans les vingt premières années du siècle.

Comment, dans ces conditions, s'est-elle développée ?

D'après M. Tavernier⁷, il existait au 1^{er} janvier 1899, 9.000 moulins d'une puissance de 12 cv en moyenne, avec rendement de 30 à 35 % environ, et 58 usines d'une puissance moyenne de 4.000 cv, qu'avaient ajoutées en quelques années, à cette multitude de petits moulins, les efforts combinés des hydrauliciens et des électriciens. La puissance totale installée était donc d'environ 100.000 cv de roues hydrauliques et 230.000 cv d'usines pourvues de turbines.

M. Louis Marlio⁸ dénombrant les usines d'une puissance supérieure à 500 cv, indiquait pour l'année 1900 une puissance de 200.000 cv, assez voisin du chiffre cité par M. Ta-

7. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, mai 1902, p. 736.

8. « Nos forces hydrauliques », Conférence dans la série *L'outillage économique de la France*, 1921.

vernier. Pour cette même catégorie d'usines, la puissance installée était de 650.000 cv en 1914 et de 1.200.000 cv en 1919, avec un peu moins de 200 usines, soit une puissance moyenne de 6.000 cv au lieu de 4.000 cv vingt années plus tôt. La moitié environ de ces usines, pour une puissance totale de 700.000 cv, se trouve rassemblée dans les 2 départements privilégiés de l'Isère et de la Savoie. Sous cet aspect, le mouvement de concentration est donc net. Il n'empêche point du reste la cohorte des petits moulins de se multiplier. On en compte en 1919 environ 42.000 pour une puissance totale de 700.000 cv.

Ainsi donc, en 1899, 9.000 petites usines ou moulins, pour une puissance totale de 110.000 cv ; en 1919, 42.000 pour une puissance totale de 700.000 cv. Quant aux grosses usines supérieures à 500 cv, on en compte 58 en 1899, représentant 230.000 cv et 200 en 1919 pour 1.200.000 cv. Dans la première catégorie, la puissance totale installée a été multipliée par 6,4 ; dans la seconde, par 5,2. Le développement des petites usines a été au moins égal à celui des grosses. Dans l'ensemble, le mouvement de concentration ne s'est pas encore dessiné.

L'apparition d'usines de production mieux outillées, et dont la puissance unitaire croît, non seulement ne fait pas disparaître les petites installations désuètes et de mauvais rendement, mais n'entrave même pas leur développement. Cela ne doit point surprendre et nous avons déjà souligné (page 32) la pérennité des chutes d'eau et, en général, leur admirable faculté de résistance dans la lutte économique que leur confère ce « don gratuit de la nature », l'eau du ciel.

Il n'y a rien d'étonnant au surplus à ce que l'évolution de cette industrie soit décalée de quelques cinquante ans, par rapport aux autres industries tributaires directes de la machine à vapeur, puisque tel est à peu près l'espace de temps qui sépare leurs dates de naissance.

Cette évolution va d'ailleurs se préciser dans le sens de la concentration, au cours de la dernière période que nous allons examiner.

Il importe auparavant de dire quelques mots de l'évolution de la technique proprement dite. Elle ne restait

point inactive, mais préparait les grandes réalisations qui nous émerveillent aujourd'hui.

Qu'il nous suffise de mettre en relief les beaux travaux de Rateau sur les turbo-machines parus en 1900. Ils devaient être le point de départ de nouvelles études et de nouveaux perfectionnements dont allaient profiter les types existants, mais qui devaient amener ensuite la création des types modernes à grande vitesse spécifique et à grosse puissance unitaire : turbines à anneau d'eau, application directe des théories de Rateau sur le mouvement tourbillonnaire de l'eau, et turbines Kaplan, à pales hélicoïdes réglables, intéressantes surtout pour l'équipement des bases chutes fluviales à grand débit ⁹.

§ 4. *Quatrième stade : l'évolution d'après-guerre de la phase industrielle*

Les caractéristiques de cette période qui est encore en cours, vont être :

1° la stagnation, puis le déclin des petites installations, nombre de leurs propriétaires ne résistant pas à l'attrait des commodités certaines que procure l'emploi des moteurs électriques ;

2° le développement continu des grosses installations au triple point de vue du nombre, de la puissance unitaire des appareils de production et de la puissance globale des installations ;

3° l'apparition des liaisons électriques régionales, puis interrégionales, en même temps que se transforme profondément l'économie générale du marché de l'électricité qui de purement local, va devenir régional, puis national.

Que nous apprennent les données statistiques ?

En 1923, la puissance totale installée des usines supérieures à 1000 kva est de 1.290.388 kva, soit environ 1.500.000 cv, auxquelles il faut ajouter 42.000 petits moulins comme en 1919, pour une puissance de 650.000 cv et 223 usines de 200 à 1000 kw, représentant une puissance installée de 110.000 cv. ¹⁰

9. M. Châlons, *L'évolution des turbines*, loc. cit., p. 12 et 13.

10. « La France Economique. Les industries de la houille blanche », Micanel, *Revue d'Economie Politique*, 1926.

Au 1^{er} janvier 1931, la puissance installée des usines supérieures à 1000 kva est de 2.256.235 kva, soit environ 2.600.000 cv, répartie entre 249 usines conformément au tableau ci-dessous :

Au 1 ^{er} janvier 1931	Nombre d'usines	Puissance installée en kva		% en	
		globale	moyenne	nombre	puissance
1. Plus de 100.000 kva	0	—	—	—	—
2. de 50.000 à 99.999 kva	3	167.500	55.800	1,2	7,4
3. — 25.000 à 49.999 —	18	628.525	34.800	7,2	27,6
4. — 10.000 à 24.999 —	59	831.625	14.100	24,0	37,3
5. — 1.000 à 9.999 —	169	628.585	3.700	67,5	27,7
	249	2.256.235	9.100	100,0	100,0

Au 1^{er} janvier 1933, cette puissance installée, toujours pour les usines supérieures à 1000 kva devient 2.865.415 kva soit environ 3.300.000 cv, par l'adjonction entre autres des deux plus grosses installations hydrauliques qui aient été jamais réalisées en France : celle de Kembs sur le Rhin avec 155.000 kva de puissance installée et 85.000 kw de puissance normale disponible, celle de Brommat sur le Truyère avec 195.000 kva et 68.000 kw.

La comparaison du tableau précédent et du suivant précise, sur cette courte période 1931-1933, l'importance du mouvement de concentration.

Au 1 ^{er} janvier 1931	Nombre d'usines	Puissance installée en kva		% en	
		globale	moyenne	nombre	puissance
1. Plus de 100.000 kva	2	350.000	175.000	0,7	12,2
2. de 50.000 à 99.999 —	4	217.500	54.500	1,5	7,6
3. — 25.000 à 49.999 —	20	691.025	34.500	7,4	24,1
4. — 10.000 à 24.999 —	63	900.625	14.300	23,6	32,0
5. — 1.000 à 9.999 —	181	690.265	3.800	66,8	24,1
	270	2.849.415	10.600	100,0	100,0

Il n'y a pas de changement notable dans la puissance moyenne de chaque catégorie, ce qui veut dire que les installations des plus puissantes usines dans chaque catégorie sont sensiblement contrebalancées par les installations d'usines les moins puissantes. Tout au plus, peut-on remar-

marquer une très légère tendance à la baisse de la puissance moyenne, dans les catégories 2 et 3, à la hausse dans les catégories 4 et 5.

Seule, la puissance moyenne installée de tout l'équipement hydraulique français, croît notablement et passe de 9.100 kva à 10.600 kva, grâce à l'apparition de Kembs et de Brommat. Pour la même raison, la proportion en puissance des grosses usines (supérieures à 50.000 kva) est presque triplée en passant de 7,4 % à 19,8 % au détriment des usines moyennes (10.000 à 50.000 kva) dont la proportion revient de 64,9 % à 56,1 % et des petites usines qui passent de 27,7 % à 24,1 %.

Si, pour établir une comparaison plus lointaine, nous reprenons les moyennes précédemment énoncées, on note :

En 1899,	58 usines d'une puissance moyenne de 4.000 cv, soit au total	230.000 cv
En 1919,	200 — 6.000 — —	1.200.000 —
En 1931,	249 — 10.400 — —	2.600.000 —
En 1933,	276 — 12.200 — —	3.300.000 —

Le mouvement de concentration est donc fort net. Mais, alors que pendant le troisième stade de 1900 à 1920, le développement des très petites installations avait continué parallèlement, il est en régression marquée depuis 1920. C'est un aspect complémentaire en quelque sorte du phénomène de concentration que nous allons examiner maintenant.

Au 1^{er} janvier 1927, on comptait 4.250 usines hydro-électriques de moins de 1.000 kva, totalisant une puissance installée de 212.913 kva, soit une puissance unitaire moyenne de 50 kva. Il s'agit, on le sait, d'installations fort modestes, assurant des besoins strictement locaux ou même privés, sans intérêt pour l'électrification générale du pays.

L'ensemble de leur équipement représente toutefois 11 % de la puissance totale installée à cette époque.

Quant aux très petites installations hydrauliques mais non électriques, on en dénombrait à la même date 29.253 pour une puissance de 396.900 cv.

Au 1^{er} janvier 1931, les petites usines hydro-électriques

se sont multipliées, puisqu'on en compte 5.228 pour une puissance totale installée de 267.018 kva, soit une moyenne de 51 kva ; par contre, les très petites installations hydrauliques ont diminué et on n'en compte plus que 27.445 pour une puissance de 355.845 cv.

En 1923, époque où ont commencé les statistiques plus minutieuses du Service Central des forces hydrauliques, on en dénombrait environ 42.000 pour une puissance installée de 650.000 cv.

Il y aurait donc tendance à la disparition des petits moulins. Il semble qu'il faille l'attribuer au développement de l'électrification rurale, qui a permis à certains de leurs propriétaires de moderniser leurs installations, très souvent à l'occasion d'une cession de leurs droits d'eau à la société de distribution.

Le dénombrement de ces petites installations, dont le statut administratif est loin d'être aussi minutieusement réglé que celui des grosses usines, est cependant beaucoup moins précis que celui des grosses usines, et nous y avons relevé quelques anomalies. Elles ne sauraient suffire à modifier sensiblement le sens de l'évolution que nous venons de préciser.

Il nous paraît utile, avant de clore cette étude du problème de la concentration, d'examiner très brièvement comment il se présente en ce qui concerne les usines thermiques, puisque c'est un mode de production concurrent dont nous aurons à examiner dans un prochain chapitre toutes les possibilités.

En reprenant les mêmes dates que pour les usines hydrauliques, on peut dresser le tableau suivant, où nous avons rappelé, pour en faciliter la comparaison, les données correspondantes des usines hydrauliques.

« L'utilisation du matériel », que nous mentionnons dans ce tableau, est le quotient de l'énergie effectivement produite par la puissance maxima unihoraire possible. Nous avons supposé qu'elle peut se déduire de la puissance installée, en admettant un facteur de puissance du réseau d'utilisation égal à 0,85 et une certaine proportion de la puissance installée (20 %) affectée au matériel de réserve. On a ainsi la puissance unihoraire maximum qu'il est

techniquement possible de demander à l'installation.

Cette notion de l'« utilisation » est très importante et familière aux électriciens. Nous aurons fréquemment l'occasion d'y recourir. Ainsi définie, elle représente le nombre d'heures pendant lequel l'usine considérée aurait dû marcher, en se maintenant à la puissance unihoraire maximum possible, pour débiter la même quantité d'énergie que celle effectivement produite.

Importance des usines	Au 1 ^{er} janvier 1931			Au 1 ^{er} janvier 1933		
	Nombre	Puissance installée totale	%	Nombre	Puissance installée totale	%
<i>Usines Hydrauliques :</i>						
1. Plus de 100.000 kva	0	—	—	2	350.000	12, 2
2. de 50.000 à 99.999 —	3	167.500	7, 4	4	217.500	7, 6
3. de 25.000 à 49.999 —	18	628.525	27, 6	20	691.025	24, 1
4. de 10.000 à 24.999 —	59	831.625	37, 3	63	900.625	32, 0
5. de 1.000 à 9.999 —	169	628.585	27, 7	181	690.265	24, 1
	249	2.256.235	100, 0	270	2.849.415	100, 0
Energie effectivement produite : 10 ⁶ kvh		6.875			5.884	
Utilisation du matériel . .		4.450 h.			3.000 h.	
<i>Usines thermiques</i>						
1. Plus de 100.000 kva	9	1.755.215	32, 0	11	2.028.265	32, 4
2. de 50.000 à 99.999 —	18	1.273.100	23, 1	21	1.501.395	24
3. de 25.000 à 49.999 —	28	973.090	17, 7	39	1.387.477	22, 2
4. de 10.000 à 24.099 —	57	959.205	17, 4	51	866.370	13, 4
5. de 1.000 à 9.999 —	140	538.700	9, 8	122	501.636	8
	252	5.499.210	100	244	6.285.143	100, 0
Energie effectivement produite : 10 ⁶ kwh		8.463			7.708	
Utilisation du matériel . .		2.260 h.			1.810 h.	

N.B. — En ce qui concerne les usines thermiques, il n'a été mentionné dans ce tableau que les usines débitant sur un réseau de distribution et non pas celles débitant sur un réseau privé ne faisant pas de distribution au public.

L'examen de ce tableau permet d'avoir une vue schématique mais suggestive de l'équipement français pour la production de l'énergie électrique ; il indique en parti-

culier comment se présente pour les usines thermiques le phénomène de concentration que nous étudions.

Plusieurs constatations peuvent être faites :

1° Pour une production qui est de 55 à 60 % de la production globale française, les usines thermiques sont dotées d'un équipement qui représente 70 % de l'équipement total pour l'ensemble du pays. Aussi l'utilisation du matériel thermique est-elle toujours très inférieure à celle du matériel hydraulique. Nous en verrons ultérieurement la raison.

2° La puissance installée du matériel hydraulique a progressé de 1931 à 1933, en raison des mises en chantier antérieures, de 26 %, et celle du matériel thermique, dont la construction demandant de moins longs délais peut être freinée plus vite, de 14 % seulement.

3° La diminution de la consommation d'énergie électrique paraît frapper plus durement les usines hydrauliques, puisque l'utilisation du matériel passe de 4.450 h. à 3.000 h. soit une diminution de 33 %, tandis que celle des usines thermiques passe de 2.260 à 1.810 h., diminution de 20 %. Pour la raison indiquée au paragraphe précédent, le risque de suréquipement est moindre pour ces usines.

4° Le mouvement de concentration est plus ancien et plus accusé pour les usines thermiques. Alors qu'au 1^{er} janvier 1931, les usines hydrauliques ne comportaient aucune installation supérieure à 100.000 kva, les usines thermiques en comptaient déjà 9, groupées pour les 2/3 dans la région parisienne et représentant 32 % de la puissance totale installée. Enfin, du 1^{er} janvier 1931 au 1^{er} janvier 1933, le nombre des usines thermiques est passé de 252 à 244, en diminution de 8 unités, bien que la puissance installée totale ait passé de 5.500.000 kva à 6.285.000 kva. La concentration de la puissance de production apparaît fort nettement si l'on remarque que les nouvelles usines mises en marche comprennent deux usines de très grosse puissance (catégorie 1), 3 usines de grosse puissance (catégorie 2), 11 usines de puissance moyenne (catégorie 3) alors qu'ont été éteintes 24 usines de petite puissance (catégories 4 et 5),

La même tendance se retrouve d'ailleurs dans les groupes générateurs eux-mêmes. La puissance unitaire maximum des alternateurs, qui était de 7.500 kva en 1913, est passée

à 72.000 kva pour les machines destinées aux usines Arrighi et Saint-Denis II.

Section II

La concentration sur le plan financier et l'organisation générale des entreprises.

Nous avons indiqué dans la section précédente, comment, à l'origine, sous l'influence d'une technique encore peu évoluée, s'étaient constitués des centres d'utilisation exclusivement locaux.

Le producteur ne visait alors qu'une utilisation bien déterminée : production de force motrice en vue de son utilisation dans une industrie installée à dessein au pied de la chute (papeterie, scierie, tissage, etc...) production d'énergie pour fabrications électrochimiques, électrométallurgiques, distribution dans un secteur local, transports en commun.

L'aménagement de la chute d'eau, considérée comme un mode de production avantageux de l'énergie électrique, n'était que l'accessoire d'une autre industrie, objet principal de l'entreprise, un moyen et non une fin.

§ 1. *La spécialisation des sociétés.*

La transmission de l'énergie à des distances croissantes, hors de la région productrice, va bouleverser les conditions générales d'organisation de ces entreprises, et à la tendance ancienne à la constitution d'entreprises réalisant des intégrations verticales telles que (production de l'énergie, fabrication de la pâte à papier, fabrication du papier) (production de l'énergie, transport en commun) (extraction ou préparation de matières premières, production de l'énergie, transformation de ces matières premières en produits fabriqués) va se substituer une tendance toute nouvelle et d'ailleurs encore en voie d'évolution, à la *dissociation* entre la production et l'utilisation. Autrement dit, l'industrie hydro-électrique tend à devenir une branche industrielle *spécialisée*, dans l'utilisation des chutes d'eau comme

source d'énergie autonome, mise sur le marché comme tout autre produit, et que d'autres branches d'industrie utiliseront.

On trouve cependant au moins un exemple de grosse société où la concentration n'a pas eu pour but de faire converger toute la puissance économique de l'entrepriuse sur une opération spécialisée de production ou de transport de l'énergie. Il s'agit de l'Energie industrielle, société relativement ancienne puisqu'elle a été fondée en 1905 au capital de 3 millions.

Après 19 augmentations de capital, qui, depuis 1922, se sont échelonnées à une cadence rapide, le capital est aujourd'hui de 194.210.000 fr. auxquels il faut ajouter une dette obligataire de 380.012.700 fr. La Société a pris pour sous-titre : Union d'entreprises d'éclairage et de transport de force par l'électricité, qui définit parfaitement la forme de *holding* qu'elle a aujourd'hui. Cette Société contrôle en effet la gestion de nombreuses filiales, en particulier : La Compagnie du Gaz de Lyon, l'Energie électrique de la Basse-Loire, l'Usine hydro-électrique armoricaine, la Société hydro-électrique des Basses-Pyrénées, les Forces motrices de la Loire, les Forces motrices du Refrain, la Société hydro-électrique du Sud-Est, les Forces motrices de l'Aigoual, la Société des Eaux et électricité de Madagascar.

Elle possède 7 usines hydrauliques dans le Sud-Est, 3 en Auvergne, de petite ou moyenne puissance, enfin 5 usines thermiques en des points très éloignés du territoire : Brest, Menton, Montélimar, Saint-Raphaël, Langres. Dans l'ensemble, l'Energie industrielle et les Sociétés de son groupe desservent 4.063 communes, d'une population de 4.988.000 habitants, réparties dans 36 départements.

Parmi les sociétés ne possédant en propre aucun réseau de distribution, aucune usine électro-chimique ou électro-métallurgique, citons entre autres, parmi les plus importantes :

1° *L'Union Hydro-électrique*, (actuellement au capital de 85 millions) constituée en 1921, qui exploite l'usine d'Eguzon, de 62.500 kva de puissance installée, la Roche-au-Moine de 9.000 kva, et de plus est également chargée de l'exploitation tant technique que

commerciale de l'usine de Coindre, concédée à la compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans, ainsi que de l'entretien des lignes à haute tension de cette compagnie.

2° *La Société des Forces Motrices de la Truyère*, créée en 1917, pour la construction et l'exploitation des chutes de la Truyère (usine de Brommat, récemment mise en marche — 195.000 kva; et usine de Sarrans — 22.000 kw, en construction). Capital actuel : 270 millions.

3° *L'Energie Electrique du Rhin*, créée en 1927, pour la construction et l'exploitation de l'usine de Kembs sur le grand canal d'Alsace, mise en service par tranches d'octobre 1932 à septembre 1933, sur une puissance installée de 155.000 kva. Capital actuel : 250 millions, avec une dette obligataire de même somme.

4° *L'Energie Electrique Isère-Vercors*, créée en 1922 par 2 autres Sociétés toujours existantes, la Société des Forces motrices du Vercors et la Société générale de Force et Lumière au capital de 45 millions, pour la construction et l'exploitation de l'usine de Pizançon, sur l'Isère, de 50.000 kva de puissance installée.

Dans cette voie de la spécialisation, suivant une tendance plus récente encore, des sociétés se sont constituées uniquement pour le *transport* de l'énergie électrique.

On peut citer :

1° *L'Union pour l'industrie et l'électricité*, constituée en 1929 au capital de 240 millions, concessionnaire d'un réseau de transport dans le Sud-Est : Bagnols-s/Cèze, Sautet, Saint Pierre, Champagnier, Bissorte, réalisant une liaison transversale, 150.000 v. Sud-Ouest-Alpes; d'une grande artère à 220.000 v., Saint-Pierre, Lyon, Le Creusot, Laroche, Paris, réalisant la liaison Alpes-Paris; mais cette Société ne possède en propre aucune usine génératrice.

2° *La Société transélectrique*, constituée en 1931, par l'Energie électrique du Rhin et les Forces motrices du Haut-Rhin, au capital de 30 millions, avec une dette obligataire de 50 millions « pour construire et exploiter des lignes de transport de force, des postes de transformation, et d'une manière générale, toutes installations susceptibles de coopérer au transport de l'énergie électrique ». Cette Société possède et exploite: a) le grand poste de transfor-

mation à 220.000 v. de Kembs ; b) la ligne à 220.000 v. de Kembs à Creney, près de Troyes (actuellement à 150.000 v.)

3° *La Société de transport d'énergie des Alpes (Steda)* constituée en 1920, à Lyon, « aux fins d'obtenir toutes concessions pour le transport et la distribution de l'énergie électrique dans le Sud-Est de la France et les régions voisines, le transport, la transformation et la livraison à des concessionnaires de distribution, la construction de lignes de transport etc... ». Capital actuel : 11.200.000 ; dette obligataire : 52 millions.

Cette Société, plus ancienne de 10 ans que les deux précédentes, visait surtout à des transports intrarégionaux. Elle ne possède pas non plus d'usines génératrices et se contente de livrer de l'énergie à d'autres concessionnaires qui la distribuent au public. Mais ce qu'il convient de remarquer, pour l'étude du phénomène économique qui nous préoccupe, c'est son mode de formation ; elle a été en fait créée par un consortium groupant actuellement 14 Sociétés : la Société d'Electro-chimie, d'Electro-métallurgie et des Aciéries électriques d'Ugine, la Société Hydro-électrique de Lyon, la Société Lyonnaise des Forces motrices du Gaz de Lyon, la Société de la Haute-Isère, la Société des Forces motrices de la Tarentaise, la Compagnie Electrique de la Loire et du Centre, l'Union électrique, la Société des Forces motrices du Chéran, la Société des Forces motrices du Vercors, la Société Hydro-électrique de Fure et Morge, la Société d'Energie Savoie et Dauphiné, et la Société de transport d'Energie Rhône-Isère.

La première de ces Sociétés est déjà une entreprise complexe qui, à l'origine, s'occupait uniquement de fabrication électro-chimiques et électro-métallurgiques ; l'utilisation plus rationnelle de ces excédents d'énergie l'a amenée à se faire vendeuse d'énergie ; elle alimente notamment le tronçon électrifié Culoz-Modane de la compagnie P.L.M. La deuxième a été absorbée par l'Energie industrielle. La troisième, fondée en 1892, est à la fois productrice et distributrice, comme la suivante. La compagnie du Gaz de Lyon est une compagnie gazière qui n'a d'intérêt dans ce consortium qu'en temps que distributeur d'électricité. La der-

nière est elle-même une société de transport spécialisée.

4° *La Société de transport d'énergie de l'Île de France (Stedif)* toute récente, au capital de 28.500.000 fr. Il s'agit encore d'un cartel de producteurs ou de transporteurs, eux-mêmes spécialisés, ayant pour objet le transport et la livraison à une *clientèle de sociétés* de distribution ou de gros consommateurs, de quantités importantes d'énergie électrique, en provenance des usines appartenant aux groupes de chacune des 5 sociétés (on ne dit pas : appartenant aux sociétés mais aux groupes, pour bien montrer que les membres du nouveau groupement utilisent de leur côté, pour se procurer de l'énergie, d'autres alliances industrielles.)

Les sociétés adhérentes sont : la Compagnie bourguignonne de transport d'énergie, l'Energie électrique du Rhin, l'Union pour l'industrie et l'électricité, la compagnie hydro-électrique de La Cure, et la Société Lorraine-Champagne, sociétés dont les lignes de transport d'énergie convergent vers le centre de Troyes. Le premier programme de réalisation de ce groupement comporte : a) le poste d'interconnexion et de transformation 220.000/150.000. 70.000/33.000 v. à Crenay près de Troyes, b) la ligne de transport à 150.000 v. Troyes/Epernay ; c) la ligne de transport à 220.000 v. Troyes à Paris, en cours de construction.

Dans le sens d'une spécialisation plus poussée encore, on peut citer :

1° *Le Groupement des Producteurs d'Energie du Massif Central (Gepemac)* formé en 1933, au capital de 300.000 fr. comprenant les sociétés suivantes : l'Union hydro-électrique, la Société hydro-électrique de la Cère, la Compagnie hydro-électrique d'Auvergne, la Société des Forces motrices de la Vienne, la Société des Forces motrices du Plateau Central, la Société des Forces motrices de la Truyère. Cette Société nouvelle a pour objet l'étude des moyens et la recherche des débouchés pour la vente des *disponibilités* en courant électrique des producteurs d'énergie du Massif Central. Cette rédaction est très caractéristique des préoccupations actuelles des producteurs d'énergie hydro-électrique, que la crise de surproduction menace. Il s'agit donc (et la

modicité de son capital social l'indique) d'un simple organisme de vente ne possédant en propre aucune installation et opérant pour le compte de ses adhérents, dans une région déterminée : la Normandie, où elle se trouve en concurrence avec les centrales thermiques en bordure de la mer, qui utilisent du charbon anglais.

Du même genre est :

2° *L'Union des Producteurs d'électricité des Pyrénées Occidentales (Upepo)*, le plus ancien de ces organismes spécialisés, constituée en 1922, au capital de 5.500.000 fr, sous la pression de la crise de 1921, qui avait enseigné durement aux Sociétés constituantes la nécessité de se grouper pour la vente de leurs disponibilités d'énergie.

Ce groupement comprend 11 Sociétés : la Compagnie des Chemins de fer du Midi, la Société minière et métallurgique de Penarroya, la Société des produits azotés, la Société des Forces motrices de la Vallée d'Aspe, la Compagnie d'électricité industrielle, la Société hydro-électrique de la Cère, la Société d'énergie électrique du Rouergue, la Compagnie de Produits chimiques et électro-métallurgiques d'Alais, Froges et Camargue, la Société Minière et électrique des Landes, la Société Hydraulique et la Société Hydro-électrique du Midi.

Son objet social est non moins caractéristique et précise très clairement les principaux objectifs de ces groupements de producteurs.

Il comporte :

a) l'étude et la recherche de tous les moyens propres à répandre l'usage du courant électrique sous toutes ses formes, notamment la force motrice, principalement dans le Sud-Ouest de la France ;

b) la vente à la commission ou la vente directe de toute énergie hydro ou thermo-électrique ;

c) la construction et l'exploitation de lignes de transport ou de distribution d'énergie électrique ;

d) le transport, la distribution, l'utilisation de l'énergie électrique produite soit par des tiers, soit par elle-même. ;

e) l'étude et la réalisation d'un plan d'ensemble rationnel de transport et de distribution propre à assurer l'utilisation la meilleure de l'énergie électrique dans les Pyrénées ;

f) toutes opérations industrielles, mobilières ou immobilières se rattachant à son objet.

En fait, cette Société ne possède aucune installation en propre. Ce n'est pas un transporteur d'énergie, mais un simple bureau de vente, un commissionnaire.

Nous aurons à revenir, dans le titre III, sur l'importance des affaires de vente d'énergie traitées par cette Société, ainsi que sur le mécanisme de ses différentes opérations.

Nous avons suffisamment montré, par l'énumération qui précède, l'extrême complexité de l'organisme qui se constitue pièce à pièce depuis quelques années, pour la mise en valeur du domaine hydro-électrique de la France. Les alliances industrielles, les enchevêtrements d'intérêts tendent à en faire un organisme collectif.

La spécialisation n'est ici, comme dans bien d'autres branches industrielles, qu'une préface du phénomène de concentration proprement dit. Application du grand principe de la division du travail mis en lumière par Smith, elle n'a lieu d'ailleurs que sur le plan technique ; souvent même, il existe des techniciens communs à des groupements spécialisés (techniciens de l'aménagement des chutes, du transport).

§ 2 *Comment se manifeste le phénomène de concentration.*

La concentration elle-même, qui dans son essence, consiste à mettre en œuvre, avec un objectif, limité et précis, une grande quantité de moyens de production, n'en existe pas moins. Or, que sont les moyens de production, dans ce domaine : les capitaux monétaires eux-mêmes. Leur transposition en capitaux fixes ne change pas le sens de cette affirmation, car, ainsi que nous le montrons, en étudiant le mécanisme du coût de production (Titre II, chapitre II) l'aménagement d'une chute d'eau la construction d'une ligne de transport d'énergie, par suite de la prédominance presque exclusive des charges fixes, sont de véritables opérations financières.

Le phénomène de concentration se manifeste donc dans ce domaine, par les alliances industrielles sur le plan

financier, dont le résultat n'est autre que de constituer une bourse commune alimentée par le crédit propre des entreprises alliées.

L'existence d'entreprises distinctes, ayant une existence propre au point de vue juridique, ne doit pas faire illusion. Certaines d'entre elles, créées dans un but de spécialisation technique, principalement dans le domaine des transports d'énergie à longue distance, ne sont pas viables financièrement, par elles-mêmes. Ce ne sont que les bourgeons d'un arbre vivace dont elles reçoivent la nourriture. Ce qu'il faut considérer, c'est l'arbre entier. La fraction des charges financières et autres frais de gestion de ces organismes spécialisés, qui n'aura pu être récupérée, sera incorporée dans le bilan des entreprises tutrices, aux frais généraux, frais de vente et de publicité, puisqu'en définitive, le but de ces entreprises de transport spécialisées est d'étendre les débouchés, de vendre de l'énergie.

Ce mouvement n'est d'ailleurs pas particulier à l'industrie hydro-électrique — comme bien l'on pense —. Dans la région parisienne, la Compagnie Parisienne de distribution d'énergie électrique (C.P.D.E.), dès 1930, abandonnait l'exploitation de ces 2 supercentrales d'Issy-les-Moulineaux (200.000 kva) et de Saint-Ouen (400.000 kva) à la Société de Gérance et d'Exploitation d'Entreprises électriques, formée par les trois autres grosses sociétés productrices de la région parisienne : l'Union d'Electricité, l'Electricité de Paris et l'Electricité de la Seine, pour se consacrer exclusivement au perfectionnement de son réseau de distribution.

Ce mouvement de concentration ne présente-t-il pas quelque danger ? M. Louis Marlio ne manque pas de le signaler, en des termes qui, étant donné la personnalité de leur auteur, doivent être retenus :

« Ainsi dans tous les domaines (production, transport, distribution, construction électrique), la tendance actuelle est nettement au groupement et à la concentration. C'est certainement un bien, mais ce pourrait être un danger. Ne craignons pas de le signaler, afin qu'on sache mieux l'éviter. Il ne faut pas que ces concentrations fassent perdre aux industriels tout sens commercial et qu'ils se

laissent aller à gérer ces nouveaux et puissants organismes comme des entreprises d'Etat »¹¹.

Il nous reste maintenant, avant d'en terminer avec cette étude du phénomène de concentration, à donner quelques renseignements statistiques, précisant l'importance des investissements de capitaux en ces dernières années, ainsi que le nombre des entreprises qui y ont participé.

§ 3. *Données statistiques.*

Il n'est pas très facile de faire un compte exact des entreprises dont l'activité est uniquement consacrée à l'industrie hydro-électrique proprement dite. Les statistiques tiennent compte le plus souvent de l'ensemble des entreprises productrices ou distributrices d'électricité, sans faire aucune distinction entre celles qui produisent ou utilisent de l'énergie d'origine thermique. Dans le domaine de l'utilisation, la distinction est du reste pratiquement impossible car, par suite de la tendance au groupement, les énergies de ces deux origines sont immédiatement confondues sur les réseaux de distribution.

Nous avons donc pris pour base, en 1920 et en 1933, la liste des adhérents à la Chambre syndicale des Forces hydrauliques, de l'Electro-métallurgie, de l'Electro-chimie et des Industries qui s'y rattachent.

Nous en avons toutefois exclu les Sociétés dont l'activité principale ne se rattache pas à l'exploitation des chutes d'eau, telles que la Société anonyme de Commentry, Fourchambault et Decazeville, la Compagnie des Aciéries de la Marine et d'Homécourt, les Aciéries et Forges de Firminy, la Compagnie du Midi, le P.O. etc... bien que ces sociétés possèdent des chutes d'eau dans leur domaine industriel ; certaines sociétés d'études ; enfin des sociétés, telles que l'Union d'électricité, l'Energie électrique du Nord de la France, qui distribuent en totalité ou en majorité de l'énergie d'origine thermique. Mais nous y avons maintenu certaines entreprises (papeteries, scieries, forges,

11. L. Marlio, « L'industrie électrique », *Revue des Deux-Mondes*, 15 novembre 1931, p. 361.

aciéries) dont la force motrice est d'origine hydraulique. Quant aux sociétés dont l'activité principale est l'électro-métallurgie, il est bien difficile de faire la part de leurs investissements qui doit être attribuée aux chutes d'eau qu'elles exploitent.

Sous ces réserves, la Chambre Syndicale groupait en 1920, 85 sociétés se répartissant comme suit :

1° *Production et distribution de l'électricité* : 61 sociétés réunissant un capital-actions de 542.965.000 et un capital-obligations de 507.471.000. 8 de ces sociétés avaient un capital social inférieur à 1 million, 40 un capital compris entre 1 et 10 millions, et 13 un capital supérieur à 10 millions ; une seule, l'Energie électrique du littoral méditerranéen, atteignait 100 millions. Le capital social moyen était de 8.900.000 fr. et le rapport de la dette obligataire au capital social était pour l'ensemble de 0,93.

2° *Electro-chimie, électro-métallurgie et industries diverses* 24 sociétés réunissant un capital-actions de 414.305.000 et un capital-obligations de 178.869.000. 3 de ces sociétés avaient un capital inférieur à 1 million ; 12 un capital compris entre 1 et 10 millions et 9 un capital supérieur à 10 millions. Une seule, la Compagnie des Produits Chimiques d'Alais et Camargue (Pechiney) atteignait 80 millions, la Société Norvégienne de l'Azote, dont le capital était de 80.055.000 fr. ayant disparu depuis cette date, en temps que société française.

Le capital social moyen était de 17.250.000 fr. et le rapport de la dette obligataire au capital social de 0,43.

En 1933, cette même Chambre syndicale groupait, compte tenu d'éliminations identiques :

1° *Production et distribution de l'électricité* : 109 Sociétés réunissant un capital-actions de 4.332.683.500 fr. et un capital-obligations de 4.217.924.165 fr. non encore amorti. 18 de ces Sociétés avaient un capital social inférieur à 5 millions, 71 un capital compris entre 5 et 50 millions et 20 un capital supérieur à 50 millions. L'Energie électrique du littoral méditerranéen tient toujours la tête avec un capital de 400 millions. Viennent ensuite, par ordre d'importance : La Société des Forces Motrices de la Truyère avec 270 millions, l'Energie Electrique du Rhin avec 250 millions,

les Forces Motrices du Haut-Rhin, avec 245 millions et l'Energie Industrielle avec 194 millions.

Si l'on considère l'ensemble du capital social et de la dette obligataire, l'Energie Electrique du Littoral Méditerranéen est toujours en première place et de fort loin, avec 1.132.798.500, devant l'Energie Industrielle, qui groupe à ce poste du passif 574 millions, l'Energie Electrique du Rhin, 500 millions, les Forces Motrices de la Truyère 410 millions. L'Union pour l'Industrie et l'Electricité et la Société des Forces Motrices du Haut-Rhin n'ont pas pour le moment de dette obligataire.

Le capital social moyen de ces 109 Sociétés est de 40 millions et le rapport de la dette obligataire au capital social de 0,97 au lieu de 0,93.

2° *Electrochimie, électrométallurgie et industries diverses* : 25 sociétés, réunissant un capital-actions de 741.343.500 fr. et un capital-obligations de 592.208.000 fr. 8 de ces sociétés ont un capital inférieur à 5 millions, 12 un capital compris entre 5 et 50 millions et 5 un capital supérieur à 50 millions. Dans ce petit groupe de grosses sociétés, on trouve toujours au premier rang, la Compagnie des Produits Chimiques d'Alais et Camargue qui, après plusieurs opérations de fusion ou d'absorption, est devenue la Compagnie de Produits chimiques et électrométallurgies d'Alais, Froges et Camargue, avec 262.500.000 de capital; puis ensuite, la Société d'Electrochimie, d'Electrométallurgie et des Aciéries électriques d'Ugine avec 122 millions de capital, la Société Bozel-Maletra avec 100 millions la Société des Phosphates tunisiens, des Engrais et Produits chimiques avec 87.500.000 ¹² et les Papeteries de France, avec 58.943.500.

Le capital social moyen est de près de 30 millions au lieu

12. Bien que n'adhérant pas à la Chambre Syndicale, nous avons fait figurer néanmoins cette Société dans notre Statistique, en raison de l'importance de son groupe électrochimique pyrénéen et de la spécialité des fabrications qui y sont pratiquées. Pour tenir compte de son domaine minier tunisien, nous n'avons fait intervenir son capital social que pour 50 millions mais la totalité de la dette obligataire, d'ailleurs contractée au moment de la mise en route de la deuxième usine pyrénéenne.

de 17.250.000 en 1920, et le rapport de la dette obligataire au capital social de 0,78 au lieu de 0,43.

Nous rassemblerons dans le tableau suivant les renseignements qu'il est bon de rapprocher pour se faire une idée plus exacte de l'allure du phénomène étudié. Pour que la classification suivant l'importance du capital social, reste comparable, les limites de catégories en 1933 sont celles de 1920, multipliées par 5, pour tenir compte de la dévaluation de la monnaie.

	Production et transport		Electroch.-Electrométal.	
	Nombre	%	Nombre	%
1920				
Entreprises dont le capital est :				
a. inférieur à 1 million	8	13	3	13
b. compris entre 1 et 10 mil.	40	65	12	50
c. supérieur à 10 millions	13	22	9	37
Total :	61	100	24	100
Capital social moyen	8.900.000	Investissts. totaux en millions	17.250.000	Investissts. totaux en millions
Rapport : dette obligataire capital social	0, 93	1.050	0, 43	593
1933				
Entreprises dont le capital est :				
a. inférieur à 5 millions	18	16	8	32
b. compris entre 5 et 50 mill.	71	65	12	48
c. supérieur à 50 millions	20	19	5	20
Total :	109	100	25	100
Capital social moyen :	40.000.000	Investissts. totaux en millions	29.600.000	Investissts. totaux en millions
Rapport : dette obligataire capital social	0, 97	8.550	0, 78	1.333

L'allure de ce phénomène n'est pas précisément ce qu'on aurait pu attendre, d'après le mouvement de concentration très net, décelé sur le plan technique.

En ce qui concerne la production et le transport de l'éner-

gie, l'accroissement des capitaux investis qui passe de 1.050 millions à 8.500 millions, n'a rien de surprenant, compte tenu de la dévaluation monétaire, si l'on juge que la puissance installée a presque triplé de 1919 à 1933, et que l'outillage de transport a suivi un développement plus rapide encore. Ces entreprises ne semblent donc pas, à la faveur du mouvement de concentration, avoir été surcapitalisées, comme cela a eu lieu dans certains pays étrangers.

Le capital social moyen passe de 8.900.000 à 40.000.000 de francs, soit de 1 à 4,5.

Si l'on compare la répartition des entreprises suivant l'importance de leur capital social, on remarque qu'il n'y a nullement une tendance à la prédominance des grosses entreprises. Numériquement, la proportion des entreprises moyennes reste stationnaire, alors qu'il y a gain des petites entreprises aux dépens des grosses.

En ce qui concerne les entreprises d'électrochimie et d'électrométallurgie, le mouvement de concentration du point de vue financier, est encore plus atténué que pour les entreprises de production et de transport. Il est vrai de dire que dans l'ensemble ces industries n'ont pas été l'objet, à beaucoup près, d'un développement industriel aussi marqué que les industries productrices d'énergie ; les installations nouvelles ont été freinées plus aisément dès les premiers symptômes de crise, ce qu'il n'est pas possible de faire pour les aménagements de chutes d'eau.

Aussi les investissements totaux, en passant de 593 millions à 1.333 millions ne subissent-ils qu'un accroissement de 1 à 2,2. Celui du capital moyen, qui peut être comparé au précédent puisque le nombre des entreprises n'a pas sensiblement varié, n'est que de 1,7, les entreprises ayant eu tendance, au cours de cette période et plus encore que les entreprises de production d'énergie, à procéder de préférence à des émissions d'obligations, beaucoup plus qu'à des augmentations de capital.

Enfin, la répartition des entreprises d'après l'importance de leur capital social, fait apparaître, plus nettement encore, que pour les entreprises de production, un gain en faveur des petites entreprises dont la proportion passe de 13 à

32 %, au détriment des grosses, les entreprises moyennes conservant sensiblement la même importance numérique.

Le total des investissements auxquels on aboutit pour l'ensemble des industries spécifiquement hydro-électriques est de près de 10 milliards, chiffre qui est à rapprocher de celui que donnait M. André Janet (20 milliards, que nous avons cité page 13) pour l'ensemble de l'industrie électrique française, c'est-à-dire en y comprenant les industries de production et de distribution d'énergie électrique d'origine thermique et la construction électrique.

Enfin, si l'on se réfère à la statistique des émissions annuelles des sociétés de production et de distribution d'énergie hydraulique, et des sociétés d'électrochimie et d'électrométallurgie, tenue à jour par la Chambre Syndicale des Forces hydrauliques et dont nous avons déjà fait état, le total au 31 décembre 1933 depuis l'année 1890, s'en élève à 12.159.390.000 fr. D'une part, la statistique de la Chambre Syndicale porte sur un plus grand nombre de Sociétés que nous ne l'avons fait nous-mêmes ; d'autre part, il faudrait déduire de ce chiffre le montant des séries d'obligations remboursées entre temps, le capital des sociétés dissoutes, ce qui ramènerait vraisemblablement le total des investissements actuels au chiffre de 10 milliards auquel nous aboutissons.

CHAPITRE IV

LA LOI DE SUBSTITUTION ET LA CONCURRENCE

Lorsque nous avons examiné, dans la section deuxième du chapitre I, les différents modes de production de l'énergie électrique, nous avons vu que seule l'énergie d'origine carbothermique ou de houille noire, était produite sur une échelle suffisamment importante pour pouvoir entrer en lice avec l'énergie de houille blanche.

Quelles sont les conditions de cette concurrence ? Comment s'exerce-t-elle dans les différents domaines d'utilisation de l'énergie électrique ? Dans quelle mesure l'utilisation de cette forme concurrente, issue elle aussi, pour la plus grande partie, des ressources propres de notre domaine national, peut-elle et doit-elle limiter la mise en valeur de notre domaine hydro-électrique ? Telles sont les principales questions que nous nous proposons d'examiner dans ce chapitre.

Nous en consacrerons la section première à l'étude des coûts de production comparés de l'énergie hydraulique et de l'énergie carbothermique. Nous devons nous borner du reste dans cette étude à des indications d'ordre général, car nous aurons à revenir avec plus de détails, dans le chapitre II du titre II, sur le coût de production de l'énergie hydraulique, pour en décrire le mode de formation.

Dans la section deuxième, nous nous efforcerons de délimiter les domaines d'action respectifs de ces modes concurrents de production de l'énergie électrique, en un mot d'en déterminer les lignes de frontière.

Cette division correspond à deux aspects différents de la question traitée, le premier consistant à étudier quelle est en soi la structure des prix de revient de chacun de ces

deux modes de production, le deuxième consistant à examiner dans quelles conditions économiques ils vont pouvoir s'affronter.

Or, ce deuxième aspect n'a réellement pris de l'importance qu'en ces toutes dernières années, depuis que le transport de l'énergie à longue distance est devenu chose courante. Auparavant, peu importait que l'énergie de houille noire coûtât dans le Nord de la France deux ou même trois fois plus cher que ne coûtait l'énergie de houille blanche dans les Alpes, puisque ni l'une ni l'autre ne pouvaient se transporter. Il existait au bénéfice de l'une et de l'autre un monopole de fait, comme pour les matières lourdes ou difficilement transportables de faible prix, dont le domaine d'expansion est tout de suite limité par des frais de transport relativement très élevés.

Il y avait même pour la houille blanche une impossibilité technique d'étendre en surface son débouché que ne connaissait pas sa concurrente, puisqu'on pouvait toujours à la rigueur, si l'on n'avait plus égard au prix, transporter de la houille en n'importe quel point du territoire, hors d'atteinte du faible rayon d'action de la houille blanche, et y produire de l'électricité.

Le problème est apparu dans toute son acuité sous son deuxième aspect depuis que la technique des grands transports s'est trouvée libérée des sujétions d'exploitation fort préoccupantes qu'elle a connues pendant un certain temps.

L'énergie des chutes d'eau du Massif Central (et bientôt celle des Alpes et du Rhin) concourt déjà à l'alimentation de la région parisienne. Nantes, Rouen seront sous peu fortement disputées à la houille noire. Où convient-il de s'arrêter, pour obtenir un heureux équilibre de ces deux forces économiques, vitales, l'une et l'autre pour le pays ?

Section I

Coûts de production comparés de l'énergie thermique et de l'énergie hydraulique

Nous nous bornerons dans cette étude comparative à établir la formule du prix de revient sous sa forme générale.

Elle nous suffira du reste pour en dégager les caractères économiques essentiels.

Si l'on désigne par :

- A — les charges financières de premier établissement par kw de puissance normale disponible et les charges fiscales qui s'y rapportent ;
- B — les frais d'exploitation indépendants du régime de production, rapportés au kw de puissance normale disponible, tels que frais de surveillance, frais de renouvellement et d'entretien, impôts, frais généraux, etc...
- α — les frais d'exploitation proportionnels à l'énergie produite, donc constants par unité d'énergie, tels que frais de combustible, de graissage, d'usure des balais, collecteurs, etc...
- U — la durée d'utilisation en heures,

le prix de revient p du kwh produit prend la forme :

$$p = \frac{A + B}{U} + \alpha$$

en se rappelant que E, énergie totale produite annuellement, est égale au produit de P_n , puissance normale disponible par U, durée d'utilisation.

Cette équation est générale et peut convenir aussi bien à l'énergie thermique qu'à l'énergie hydraulique ; le tracé graphique des courbes représentatives permettra de résoudre tous les problèmes de substitution qui peuvent se poser.

La figure suivante en donne la forme habituelle :

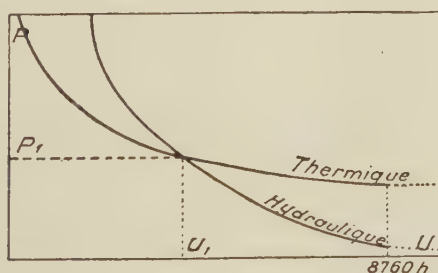


Fig. 2

Les 2 courbes ont pour asymptote verticale l'axe des ordonnées, le prix de revient croissant indéfiniment lorsque l'utilisation tend vers zéro. Elles sont limitées à droite par

l'utilisation maximum possible $U = 8.760$ H. à laquelle correspond le prix de revient minimum.

La courbe du prix de revient de l'énergie thermique sera toujours plus aplatie que celle de l'énergie hydraulique, car, d'une part, les frais de premier établissement sont, pour des puissances installées égales, toujours plus faibles pour une usine thermique que pour une usine hydraulique; d'autre part, les frais constants par kwh, sont au contraire beaucoup plus élevés pour une usine thermique et constituent le poste le plus important du prix de revient, environ les $2/3$, alors qu'ils sont à peu près nuls pour une usine hydraulique. Il convient de faire remarquer que la courbe réelle pour une usine thermique présenterait des points singuliers, correspondant pour certaines utilisations critiques à l'utilisation à faible charge des groupes d'appoint qui augmente la consommation de combustible, que nous avons supposée constante.

Les 2 courbes ont donc pour asymptote horizontale une droite $p = \alpha$, se confondant sensiblement avec l'axe des abscisses pour l'énergie hydraulique. Elles se coupent en un point d'abscisse U_1 et d'ordonnée p_1 , qui définit les conditions de la substitution.

On aperçoit déjà au premier examen de ces courbes quels seront les domaines respectifs des 2 forces concurrentes, celui des faibles utilisations pour l'énergie thermique, celui des fortes utilisations pour l'énergie hydraulique. Tel est le principe.

§ 1. *Courbes de prix de revient*

Prenons, pour fixer les idées, quatre exemples numériques qui nous permettront de tracer 2 courbes de chaque espèce; mais, pour simplifier, nous supposerons que les frais d'exploitation proportionnels sont nuls dans le cas de l'énergie hydraulique, et se réduisent à la dépense de combustible dans le cas de l'énergie thermique.

1° *Usine thermique.*

Hypothèse A : Consommation de 550 gr. de charbon par kwh à 8.000 calories, soit 4.400 cal. par kwh, coûtant 100 fr. la tonne (supercentrale moderne) — $\alpha = \text{fr. } 0,056$.

Hypothèse B : Consommation de 750 gr. de charbon par kwh à 8.000 cal. soit 6.000 cal. coûtant 120 fr. la tonne, ou un mélange de combustibles inférieurs donnant également la thermie (1.000 calories) à 20 fr. (centrale d'un type déjà ancien) — $\alpha = 0,090$.

Dans les 2 cas : A = 135 fr.¹

B = 121 fr.

2° *Usine hydraulique* :

Hypothèse A : Coût d'établissement du kw de puissance normale disponible : 3.500 fr.

A = 292 fr.

B = 190 fr.

Hypothèse B : Coût d'établissement du kw de puissance normale disponible : 5.500 fr.

A = 456 fr.

B = 240 fr.

(voir pour les détails titre II, chapitres II, page 190 et III, p. 229.

La figure 3 représente les courbes de prix de revient dans les quatre hypothèses précédentes.

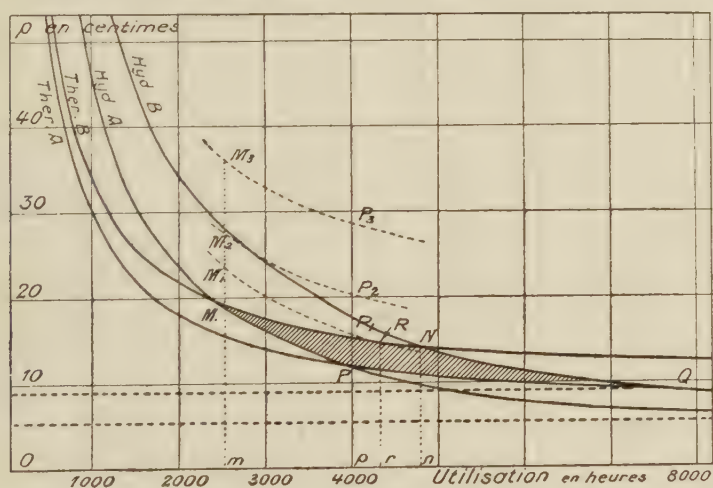


Fig. 3.

1. Ce chiffre correspond à un taux de 13,5 % appliqué à un coût d'établissement de 1.000 fr. par kw de puissance normale disponible, aujourd'hui couramment réalisé.

M. Gustave Mercier, dans son rapport au 3^e Congrès de la Houille Blanche, (Section économique et financière, 2^e Rapport), indiquait que le coût d'éta-

Les courbes se coupent 2 à 2 et les points de substitution forment un parallélogramme curviligne MNPQ, dont les sommets ont pour coordonnées :

M	(2550 heures, 19,5 centimes)	
N	(4750 heures, 14,5	—
P	(4000 heures, 12,0	—
Q	(8000 heures, 8,7	—

A gauche de M, l'énergie thermique a un prix de revient moindre dans toutes les hypothèses. C'est le domaine incontesté de la houille noire, en n'oubliant pas que nous raisonnons sur des moyennes. On trouverait certainement des centrales hydrauliques dont le coût d'établissement est inférieur à 3.500 fr. le kw, et des centrales thermiques dont le prix de revient est plus élevé que ne le veut l'hypothèse B, de sorte que la courbe hydraulique A, étant abaissée, et la courbe thermique B étant élevée, le nouveau point, serait défini par une utilisation plus faible et un prix de revient plus élevé.

Inversement, à droite de Q, c'est l'énergie hydraulique qui a le prix de revient le plus bas, dans toutes les hypothèses. Son domaine incontesté, qui doit forcément se limiter à 8.760 h., est donc plutôt restreint à l'heure actuelle.

De M à Q, la lutte est indécise, c'est le régime de concurrence.

De M à P, entre 2550 et 4000 h. d'utilisation, la centrale hydraulique de l'hypothèse A prime la centrale thermique de l'hypothèse B, mais est encore tenue en échec par la supercentrale moderne de l'hypothèse A.

De P à N, entre 4000 et 4750 heures d'utilisation, la centrale hydraulique de l'hypothèse A triomphe des centrales thermiques dans toutes les hypothèses, alors que la centrale hydraulique de l'hypothèse B est toujours hors de course.

De N à Q, entre 4750 et 8000 heures d'utilisation, la

blissement des grandes centrales modernes était descendu à cette époque à 700 fr. par kw installé, ce qui, en admettant 20 % de la puissance en réserve, représente environ 850 fr. par kw utilisable. Le prix de 1.000 fr. dans les conditions économiques actuelles nous paraît être une bonne moyenne.

Voir également M. Arbelot, « Les conditions de la concurrence entre l'énergie de provenance hydraulique et l'énergie de provenance thermique, 3^e Congrès de la Houille Blanche, Section économique et financière, 4^e rapport, p. 13.

centrale hydraulique de l'hypothèse A conserve bien entendu sa supériorité, et la centrale hydraulique de l'hypothèse B parvient à éliminer la centrale thermique de type ancien de l'hypothèse B, mais est toujours primée jusqu'à 8000 heures, par la supercentrale moderne de l'hypothèse A.

Tout ce qui vient d'être dit suppose que l'on se trouve dans tous les cas dans la période initiale, où les capitaux investis n'ont encore subi aucun amortissement.

Comment vont se modifier les conditions de cette concurrence au fur et à mesure de cet amortissement, et que seront-elles lorsque, dans trente ou quarante ans, cet amortissement étant achevé, les charges financières (terme A) auront disparu des prix de revient ?

L'épure de la figure 4 va nous l'apprendre.

On s'aperçoit dès le premier coup d'œil que la situation respective des deux modes concurrents est profondément modifiée.

Le parallélogramme curviligne, MNPQ, que délimitent les points de substitution, est fortement étiré et rejeté vers l'axe des ordonnées.

Ses 4 sommets ont pour coordonnées :

M	{	350 heures, 47 centimes	
N	{	750 heures, 25, 5	—
P	{	350 heures, 36	—
Q	{	350 heures, 15	—

Ainsi, la zone de supériorité de l'énergie thermique se trouve rejetée vers des utilisations très faibles qui ne sont jamais envisagées dans la pratique. La zone de concurrence, entre 350 et 1350 heures, est encore dans le domaine des faibles utilisations. C'est le triomphe incontesté de la houille blanche.

§ 2. *Les progrès techniques des usines thermiques*

Nous avons supposé, pour l'établissement de cette deuxième série de courbes, que l'énergie thermique ne ferait plus aucun progrès, en ce qui concerne la consom-

2. Nous supposons en cela que non seulement le capital-obligations mais également le capital-actions, sera amorti et qu'il n'y aura plus que des actions de jouissance.

mation de combustible, ce qui est rien moins que certain.

On peut cependant penser que, à moins d'une découverte sensationnelle, qui bouleverserait les applications de la thermodynamique, et dont on n'aperçoit pas les prémisses, les progrès techniques qui seront certainement accomplis encore seront plus lents, moins marqués, plus coûteux aussi que les précédents.

Quelle pourrait en être au surplus l'incidence sur les prix de revient actuels ?

On sait les progrès considérables que l'on doit à l'emploi de la surchauffe, des hautes pressions, des vides très poussés au condenseur, qui ont permis d'élever le rendement thermique du cycle de Carnot, auquel viennent toujours se heurter les thermodynamiciens, comme à une barrière infranchissable, que les lois de la physique ont assignée à leur ambition. Enfin, on sait aujourd'hui s'approcher de plus près de ce rendement théorique par le réchauffement de l'eau d'alimentation, de l'air de combustion, par récupération des chaleurs perdues. Aussi, la consommation de combustible qui atteignait couramment avant la guerre, pour des houilles de bonne qualité, de 1 k.200 à 1 k.500 par kwh pour un régime de pleine charge bien réglé, est-elle descendue dans les installations actuelles à 750 gr., 550 gr., quelquefois moins encore dans les supercentrales parisiennes.

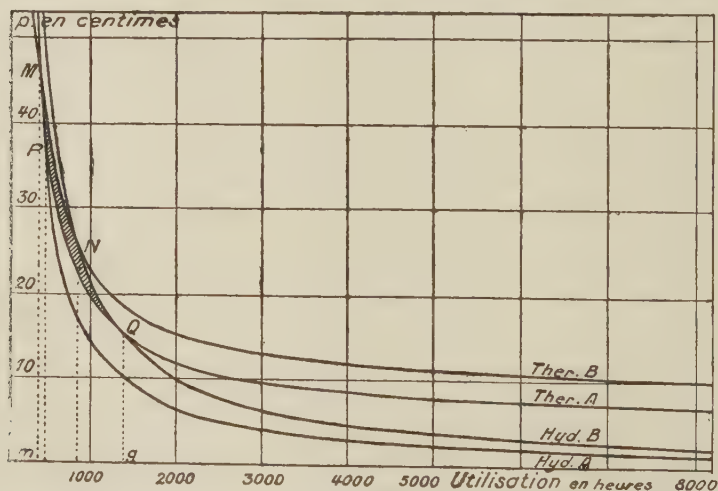


Fig. 4

Le progrès était considérable et ce sont ces nouvelles consommations que nous avons adoptées dans ces exemples numériques.

Mais que peut-on espérer encore ?

Des chaudières utilisant des timbres de 50 à 85 kg, avec des températures d'admission allant à 450°, sont aujourd'hui courantes. Les consommations de l'ordre de 4.400 calories au kwh que l'on obtient dans les conditions moyennes depuis déjà quelques années, correspondent à un rendement pratique de :

$$100 \frac{864}{4400} = 19,6 \%$$

pour un rendement théorique d'après le cycle de Carnot de 58 %. Les tous derniers progrès accomplis par les super-centrales parisiennes conduisent à ne plus consommer que 3.600 calories.

Or, avec les usines anciennes travaillant avec de la vapeur saturée à 10 kg, et condensation à 0,95 de vide, le rendement pratique atteint, pour une consommation de 7.800 calories au kwh, était de 11,6 % et le rendement théorique de 33 %.

Ainsi donc, pour élever le rendement pratique de 11,6 à 19,6, soit de 70 %, il a fallu, tout en poursuivant une utilisation meilleure du rendement théorique en élever la limite supérieure de 33 à 58 %, soit de 76 %.

Des installations fonctionnant à 100 ou 120 kg de pression et une surchauffe de 500°, sont tout à fait réalisables. Il n'en existe pas encore en France, sinon à l'état de projet ; ce sont notamment les caractéristiques prévues pour la deuxième tranche de la centrale Arrighi à Vitry-Sud.

Elles conduiraient, si l'on utilise le cycle de Rankine qui convient mieux pour ces hautes pressions, à un rendement pratique de l'ordre de 27 %, en admettant des rendements de 82 % aux chaudières, 78 % aux turbines, 96 % aux alternateurs, et 4 % de pertes supplémentaires dans les services auxiliaires, le rendement théorique étant de 46,2 %.

Le kwh ne demanderait plus ainsi que 3.200 calories, conduisant par rapport à l'hypothèse A à une économie de 0,015, soit 27 % sur ce poste du prix de revient.

Admettons même, ainsi que l'indique M. Arbelot³ qu'une économie de 50 % sur les consommations actuelles soit « une idée à laquelle il faille dès maintenant s'habituer ». Nous aurons diminué de fr. 0,025 à fr. 0,03 le prix du kwh, sans que l'on puisse d'ailleurs préciser de quel accroissement des charges financières aura dû être payé ce progrès technique, qui très vraisemblablement exigera des installations fort coûteuses.

Mais, après la période d'amortissement, lorsque usines hydrauliques et usines thermiques n'auront plus à supporter que leurs frais d'exploitation fixes ou proportionnels, les conditions de concurrence ne s'en trouveraient pas sensiblement modifiées.

En se reportant à la figure 4, et en faisant subir à la courbe (thermique A) une translation vers le bas correspondant à un abaissement du prix de revient de 0,025, qui nécessiterait un gain de 45 % sur les meilleures consommations actuelles de combustibles le point Q se déplacerait en Q₁ et l'énergie thermique n'aurait réussi à reconquérir à l'énergie hydraulique qu'une partie fort restreinte de son domaine incontesté, correspondant aux utilisations de 1350 à 2500 heures.

§ 3. Conclusions

Nous arrivons donc à cette conclusion :

1° Que dans la période initiale, la lutte entre centrales thermiques, et centrales hydrauliques se révèle comme étant d'issue indécise. Au lieu de chercher à opposer ces formes concurrentes, il faudrait plutôt chercher à en faire des modes de production complémentaires, ainsi que nous le verrons dans un instant.

2° Que, après amortissement des capitaux investis et disparition des charges financières de part et d'autre, l'énergie hydraulique doit acquérir une suprématie incontestée. Bien entendu, l'énergie hydraulique s'acheminera vers cette suprématie graduellement, au fur et à mesure

3. 3^e Congrès de la Houille Blanche, 4^e Rapport, p. 18.

que les allègements des charges financières, par le jeu des remboursements partiels, viendront améliorer sa position vis-à-vis de sa concurrente. Seules les cinq ou dix premières années peuvent être pénibles à passer pour certaines entreprises dont la trésorerie est à l'étroit.

Mais le résultat final ne semble pas douteux. Quels que soient les progrès techniques les plus optimistes qu'on puisse envisager en faveur de l'énergie thermique, l'énergie hydraulique finira fatalement un jour, et même pour des investissements paraissant au début très lourds, par acquiescer une suprématie définitive. Il ne pourra en être autrement lorsque les capitaux qu'il a fallu immobiliser étant reconstitués, l'énergie hydraulique retrouvera toute la puissance économique, que lui confère son caractère de don gratuit de la nature et de richesse inépuisable.

A l'inverse, toute production d'énergie thermique concourt, à raison de 1/2 kg à 1 kg de houille par kwh, à l'épuisement de nos richesses charbonnières. Pour éloignée qu'elle soit (150 ans environ dit-on) c'est une éventualité certaine. Ne faut-il pas redouter alors que la loi du rendement décroissant exerçant ses effets, l'exploitation des ressources de notre sous-sol ne soit de plus en plus difficile au fur et à mesure qu'elles approcheront de leur épuisement, et qu'il en résulte une élévation constante du prix de la houille qui accentuera encore l'écart entre houille noire et houille blanche, en faveur de cette dernière.

Telles étaient bien, dès 1925, les conclusions auxquelles aboutissait M. Arbelot, au troisième Congrès de la Houille Blanche, dans son rapport déjà cité, lorsqu'il déclarait :

« Ces deux raisons profondes militent dans le même sens pour nous convaincre que le prix de revient moyen de l'énergie thermique ne peut que croître (toutes choses égales d'ailleurs en ce qui concerne le pouvoir d'achat de l'argent) et celui de l'énergie hydraulique décroître ».

Ces considérations nous paraissent amplement suffisantes pour justifier de la part de l'Etat, futur propriétaire des chutes d'eau, un protectionnisme vigilant en faveur de la houille blanche, pour aider les entreprises qui ne craignent pas d'y exposer leur crédit, à franchir l'étape difficile des premières années. Nous aurons, dans le titre III, chapitre II

à examiner les diverses modalités possibles de ce protectionnisme.

Il apparaît ainsi que l'énergie de houille noire, qui jouit présentement d'une position très forte, risque d'être peu à peu supplantée par sa rivale : la houille blanche. Est-ce souhaitable, comme d'aucuns le pensent ? Nullement. Nous estimons au contraire que cette concurrence doit être limitée, canalisée, de façon à éviter la mise hors de combat d'aucune des deux rivales.

Houille blanche et houille noire ne sont pas des forces économiques opposées, dont le développement de l'une doive nécessairement nuire au développement de l'autre. Ce sont bien plus exactement des forces économiques complémentaires, appelées l'une et l'autre par l'homme, à lui procurer un bien de consommation, l'électricité, mais dans des conditions toutes différentes, et qui précisément doivent faire de ces deux rivales, deux alliées.

La houille blanche est capricieuse, au gré de la nature, qui nous la dispense. Comme toutes les forces naturelles, elle peut se dérober ou s'offrir, sans égards pour nos besoins. L'énergie qu'elle produit est de l'énergie « obligée », disent les électriciens.

L'homme a bien cherché dans une certaine mesure à corriger ce défaut, en utilisant l'eau des lacs ou en emprisonnant derrière de puissants barrages, les eaux mugissantes des torrents, pour les libérer à son heure. Mais, ainssi que nous l'avons vu dans le chapitre II, cela ne saurait en tout état de cause, représenter que la plus faible partie de nos forces hydrauliques.

La houille noire est au contraire extraite du sol et brûlée dans le foyer des chaudières pour produire de l'électricité, au gré de nos besoins. Elle produit, dans le langage des électriciens, de l'énergie « commandée ».

Qui ne voit dans ces conditions les précieux services que la seconde peut rendre à la première, pour lui donner la souplesse qui lui manque, combler ses insuffisances, lui permettre en un mot de s'adapter à nos besoins.

Nous avons donné, en notepage 67, la capacité mensuelle de production des régions hydrauliques, supposées conjuguées et dotées de tous les ouvrages de régularisation et

d'interconnexion en cours d'exécution. Il y a encore en février un écart par rapport à la capacité moyenne mensuelle de l'année de — 20, 6 % à une époque de l'année où la consommation est très élevée.

Si l'énergie hydraulique devait être un jour notre unique source d'énergie électrique, c'est donc, d'après le maximum de consommation des mois d'hiver que devraient être équipées nos forces hydrauliques, ce qui conduirait à un gaspillage de l'énergie pendant les autres mois, impossible à éviter.

L'énergie thermique constitue donc un complément nécessaire de l'énergie hydraulique et une politique rationnelle d'aménagement de notre domaine hydro-électrique doit donc nous inciter à ménager nos réserves charbonnières, pour ne pas être contraints, en un jour encore lointain, mais inévitable, à être tributaire de l'étranger, plus encore que nous ne le sommes aujourd'hui.

Section II

L'énergie thermique et l'énergie hydraulique ont-elles des domaines d'influence distincts ?

Cette notion des zones d'influence, aujourd'hui abandonnée, traduisait autrefois une idée juste, et qui l'est restée jusqu'au jour où les progrès de la technique ont bouleversé à tel point les conditions de concurrence de ces deux formes d'énergie, qu'elle est devenue beaucoup trop rigide, et dès lors, impuissante à traduire les faits.

M. Gabriel Tochon écrivait en 1908⁴ : « Ainsi donc, une loi économique inéluctable s'oppose à l'extension indéfinie des réseaux de transports de l'énergie à distance ». C'était tout à fait exact à cette époque. Cela ne l'est plus du tout aujourd'hui, encore que le qualificatif « indéfinie » soit bien entendu toujours applicable.

M. Pacoret, dans son magistral ouvrage, *La technique de la houille blanche* écrivait à propos du « lieu économique »

4. Voir sa thèse, *op. cit.*, p. 19.

la Rochelle-Strasbourg qu'il définissait ainsi : « C'est le lieu où toutes choses étant égales, le prix de revient de l'énergie des chutes d'eau est égal à celui de l'énergie des mines ».

A cette époque, de 1900 à 1914, il ne s'agissait pas seulement d'une ligne de frontière générale, comme l'indique M. Pacoret, divisant le territoire en deux régions : la région nord qui eut été l'empire de la houille noire, la région sud, celui de la houille blanche. Il y avait plus exactement des lignes de frontières régionales séparant les zones d'influence s'étendant autour des régions de prédilection de la houille blanche, ou des centres miniers. Transporter de l'énergie des Alpes à Lyon était déjà un gros problème et une belle réussite. Mais on ne songeait nullement à porter l'énergie de houille blanche à proximité immédiate des centres miniers. On ne souhaitait même pas qu'elle put amener un fléchissement de l'utilisation de la houille noire. Elle faisait figure de nouvelle venue, ne pouvant se poser en rivale de son aînée et prête à se contenter d'une place modeste.

Peu de temps avant la guerre, ces lignes de frontière régionales, commencèrent à céder. Ce fut le cas lorsque l'on construisit une ligne à 60.000 v pour transporter à Saint-Etienne l'énergie de la Romanche.

La ligne de frontière générale La Rochelle-Strasbourg que définissait M. Pacoret a dû céder elle aussi au fur et à mesure que les électriciens ont pu pousser plus loin leurs pylones de transport.

A l'heure actuelle, il n'y aurait pas d'impossibilité technique à transporter de l'énergie d'un bout à l'autre du territoire, d'autant plus que, par le jeu des glissements, le transport effectif s'opèrerait sur des distances beaucoup plus courtes de l'ordre de 700 à 800 km. Il ne peut donc plus être question de lignes de frontière.

Aussi bien, les rivales sont devenues alliées, et des pactes ont été conclus sur tous les fronts. Il y a compénétration intime des zones d'influence mais pas de lutte véritable.

De l'énergie hydraulique continuera à alimenter dans une certaine mesure les secteurs parisiens, en attendant de pousser jusqu'à Lille. Mais, des centrales thermiques n'en

continueront pas moins à jouer leur rôle d'appoint dans le Massif Central, les Alpes et le Sud de la France. Il ne paraît pas que l'énergie hydraulique puisse jamais s'en passer, tant qu'elle ne sera pas parvenue (et il est très improbable qu'elle y parvienne jamais) à se débarrasser de son vice fondamental tenant à l'irrégularité, au caprice des forces naturelles, que sa puissance d'expansion n'a nullement fait disparaître.

Cette possibilité d'expansion dans la presque totalité du territoire, qui est maintenant un état de fait, se trouve sanctionnée par la réglementation toute récente mise en vigueur pour la fixation des index électriques régionaux, qui consiste à considérer toutes les régions du territoire comme des régions à alimentation mixte, sauf 9 départements du Nord de la France (voir *infra*, page 227).

Nous allons examiner comment se posent ces questions de concurrence, non plus suivant des zones territoriales, qui n'existent plus, mais suivant les différentes techniques des applications de l'électricité.

§ 1. Applications à l'éclairage, la force motrice et le chauffage

Ainsi que nous le verrons en étudiant dans les chapitres II et III du titre suivant, la structure du coût de production et du prix de vente, le prix de revient de l'énergie, qui est évidemment le même quelle que soit sa destination future, représente une proportion successivement croissante du prix de vente suivant l'ordre des groupes d'applications énumérés en sous-titre.

Autrement dit, l'énergie d'éclairage peut se vendre cher, d'une part parce qu'elle est destinée à satisfaire des besoins devenus aujourd'hui de première nécessité, d'autre part parce que les modes concurrents y sont en étant d'infériorité (voir note 1, p. 125). La marge entre le coût de production (de l'ordre de 10 à 20 cm) et le prix de vente (de l'ordre de 1,50 à 2,00) est très large. Une variation même importante des prix de revient, ne modifiera que faiblement l'importance de cette marge. On prévoit donc que le producteur d'énergie hydraulique pourra, aisément, pour

cette catégorie d'applications, couvrir les frais de transport à longue distance ; il sera bien placé chaque fois que, satisfaisant aux conditions d'horaire prescrites pour la vente, les particularités de son régime de production lui permettront d'affirmer sa supériorité sur son concurrent thermique.

En ce qui concerne la force motrice, la marge est déjà moins large, car le distributeur est obligé de consentir des prix plus bas, s'il veut évincer les modes concurrents (moteur Diesel) beaucoup plus dangereux dans ce domaine.

Pour le chauffage électrique, la marge est très faible, sinon nulle. Le tableau que nous donnons en note (page 125) montre que le distributeur devra consentir des prix extrêmement bas, s'il veut pouvoir lutter contre les modes concurrents. On le conçoit aisément, car la transformation de l'énergie électrique en chaleur est une régression, une forme de dégradation de l'énergie. Mieux vaut brûler la houille directement dans un foyer, pour peu qu'il soit bien construit, que d'aller la brûler sous les chaudières de la centrale électrique, qui devra ensuite transformer l'énergie électrique ainsi obtenue, la transporter, la diviser, en élevant sans cesse son coût de production, pour la convertir finalement en chaleur.

Même au prix très réduit de 0,25 le kwh, le chauffage électrique ne réussit à triompher que du chauffage par fluide alimenté au gaz d'éclairage et il faudrait pratiquer des prix au moins deux fois moindre, de l'ordre de 10 à 12 cm. pour pouvoir triompher, à prix de revient égal, grâce aux incontestables commodités que le chauffage électrique présente, de certains systèmes de chauffage central relativement récents, qui utilisent des fines d'anthracite brûlées sur foyers spéciaux.

Le chauffage électrique ne peut donc être raisonnablement envisagé que comme chauffage d'appoint dans les saisons intermédiaires pour de petits locaux et pour de très petits chauffages d'eau par accumulation.

Pour le chauffage des grands locaux, pour lequel il existe encore peu d'appareils réellement au point, on ne peut espérer que des applications isolées (hôtels de montagne, sanatoria, à proximité d'une chute d'eau). On ne peut

Note I. — Prix comparés des divers modes d'éclairage :

	Consommation par bougie-heure	Consommation par 50 bougies-heure	Prix de l'unité	Prix pour 50 b.
Lampe à filament métallique	1 w 2	60 w.	1, 75	0, 105
Lampe 1 1/2 watt	0 w 6	30 w.	1, 75	0, 052
Bec Auer	21.	100 l.	1, 00	0, 10
Lampe à pétrole	31. 4	170 gr.	1, 50 le l.	0, 28

Note II. — D'après une étude de M. Deflassieux, parue dans le *Bulletin de la Société Amicale des Ingénieurs de l'Ecole Supérieure d'Electricité*, octobre 1933.

Comparaison des prix de revient de la thermie pour différents modes de chauffage ((Thermie = 1.000 calories)

Nature du chauffage	Combustibles	Prix unitaire en francs	Supplément p. main d'œuvre en %	Prix total en francs	Pouvoir calorifique en thermies	Rendement réel	Prix de la thermie utile en francs
		la tonne :			par kg.		
Chauffage direct de petits locaux	Anthracite pour poêles	525	15	605	7, 5	0, 36	0, 224
Chauffage central par fluide	Anthracite pour chaudière	460	15	530	7, 5	0, 25	0, 284
d°	Fines d'anthracite brûlées sur foyers spéciaux	210	25	263	8	0, 25	0, 132
d°	Coke	270	25	340	6, 7	0, 25	0, 203
d°	Mazout	445	38	0, 77	10, 5 par m3	0, 36	0, 163
d°	Gaz	0, 75	2	0, 77	4, 5 par kwh	0, 45	0, 415
Chauffage direct continu :	Electricité	16 heures à 0, 25 5 — 0, 72 3 — 1, 55	— — —	0, 48	1 1 1		0, 555
	Tarif de basse tension	(moyenne 0, 48)					
Chauffage par récupération combinée avec chauffage direct	de la	16 — 0, 25 5 — 0, 72 (moyenne 0, 32)	—	0, 32	p, 86	0, 9	0, 420
Chauffage par accumulation centralisée	C ^{ie} Parisienne de Distribution d'Electricité	16 heures à 0, 25	—	0, 25	0, 86	0, 8	0, 370

faire aucun gain sur les frais d'entretien ou d'amortissement qui, bien que plus réduits en valeur relative, s'appliquent à un coût de premier établissement plus élevé.

Une seule application pourrait peut-être donner lieu à des consommations intéressantes dans les grandes villes, à condition d'être rationnellement organisée; ce serait la distribution d'eau chaude pendant les mois d'été, où l'énergie hydraulique est abondante, dans de grands immeubles ou des groupes d'immeubles, à l'aide de chaudières électriques, à haute tension, dont la marche est entièrement automatique.

Quelle que soit l'application envisagée, les frais de transport du producteur hydraulique ne sauraient changer. Il faut simplement noter, et c'est une considération très importante dont nous aurons à tirer parti, que la nature très irrégulière des fournitures que le thermicien consentira à recevoir de lui, l'obligera à édifier des lignes de transport à utilisation relativement faible, qui par conséquent auront des périodes creuses, lui permettant de faire passer à bon compte, certaines tranches d'énergie à prix spéciaux.

Quels vont être ces frais de transport ?

Les tensions usuelles pour les grands transports sont de 150.000 v. pour une puissance de 50.000 kw à 250 km, de 220.000 v pour une puissance de 100.000 kw à 500 km. Les pertes en cours de transport en centièmes sont en effet données par la formule :

$$p = \frac{\rho l P}{S U^2 \cos^2 \varphi}$$

où P représente la puissance à transporter en kilowatts; l, la longueur de la ligne en kilomètres et ρ la résistivité du métal employé pour les conducteurs.

U, la tension entre les conducteurs en volts

$\cos \varphi$ le facteur de puissance

S la section en mm².

On en déduit entre les données essentielles des 2 types de lignes citées plus haut une relation fort simple. La distance de transport restant constante, pour doubler la capacité de transport sans augmenter les pertes, il suffit, avec les mêmes conducteurs, d'augmenter la tension dans

le rapport de $1 \propto \sqrt{z}$ (par exemple de 150.000 à 210.000 v).

Il suffit pour cela d'augmenter légèrement la hauteur des pylones, l'écartement entre les conducteurs et le nombre des éléments des chaînes d'isolateurs. Le coût d'établissement n'est augmenté que de 15 à 20 %, ce qui fait clairement saisir l'intérêt économique des hautes tensions. Les électriciens ne demanderaient pas mieux que de continuer à tirer parti de cet heureux principe, mais malheureusement, l'emploi de tensions très supérieures à 220.000 v se heurte pour le moment à des difficultés d'ordre technique qui n'ont pas encore été surmontées.

Ce qui est vrai pour les lignes ne l'est plus pour les postes où il s'agit d'appareils où l'influence des volumes intervient comme le cube des dimensions linéaires. De plus, le coût de ces postes rapporté au kilomètre de ligne, est très variable et dépend de la distance entre les postes, c'est-à-dire du nombre des points de raccordement avec d'autres lignes ou des centrales.

Si l'on veut, à puissance et à tension constantes, doubler la distance de transport, sans changer les pertes, il faut doubler la section des câbles.

Les lignes à 220.000 v. du Mssif Central à Paris sont équipées avec des câbles aluminium-acier de 400 mm² et pour 100.000 kw, et 500 km de distance, la perte au transport est d'environ 10 %.

Le coût de premier établissement de ces lignes est actuellement de l'ordre de 140.000 fr. le kilomètre, non compris les postes ni les liaisons téléphoniques.

Quant au coût des postes, il est bien difficile de citer un chiffre précis. C'est ainsi que la ligne de la Truyère à Paris comporte sur tout son parcours, qui est d'environ 500 km, les postes de Rueyre au départ, les postes intermédiaires de Marèges, Eguzon, Chaingy, et à l'arrivée celui de Chevilly, soit un poste tous les 100 km en moyenne. Pour d'autres lignes, cette distance moyenne entre postes pourra être beaucoup plus grande. Or, le coût de ces postes peut varier de 20 à 25 millions, soit 200.000 à 250.000 fr. au km. L'espacement de 100 km paraissant être un minimum, nous admettrons comme ordre de grandeur le premier de ces

deux chiffres, ce qui porte à 340.000 fr. le coût kilométrique de ces lignes si l'on veut se contenter d'un ordre de grandeur

Le prix de revient par kwh transporté sera également de la forme $\frac{A + B}{P}$, les symboles ayant la même signification

□

que pour le coût de production aux centrales (voir *supra* page 111). Mais il n'y a ici rigoureusement aucun frais proportionnel; il n'y a que des frais fixes. Il conviendra enfin d'y ajouter la perte d'énergie en cours de transport qui dépend du rendement de la ligne et de la charge moyenne, mais pas de son utilisation. Ce ne peut être qu'une fraction du prix de revient de l'énergie au départ de la ligne.

En prenant pour exemple une ligne de 500 km telle que celle de la Truyère à Paris, ayant une capacité de transport de 100.000 kw, on obtient comme ordre de grandeur un coût de premier établissement de 1700 fr. par kw transporté.

Le terme A qui représente les charges financières sera calculé à raison de 7 % du capital investi, soit 5,5 % pour le taux d'intérêt et 1,5 % pour l'amortissement en 30 ans ⁵ D'où $A = 119$ frs.

Le terme B qui représente les charges fixes d'exploitation varie suivant les régions traversées entre 1,5 et 3,5 % du capital investi. Nous prendrons 2,5 % comme moyenne, d'où $B = 43$ frs. Le total des charges fixes est donc de 162 fr. par kw de capacité de transport et par 500 km.

Les frais correspondant à la perte p % en cours de transport sont aussi difficiles à évaluer.

Si la ligne fonctionnait constamment à pleine charge, la perte pour 500 km serait d'environ 10 %. Lorsque la charge diminue, la perte, après être passée par un minimum qui est de l'ordre de 3 % pour la 1/2 charge environ ⁶ croît ensuite pour atteindre des valeurs très élevées aux faibles charges, par suite des pertes dues à la compensation qui

5. Le taux des prêts qui seront consentis aux grandes collectivités industrielles par la Caisse des Dépôts et Consignations, au titre de la loi du 7 juillet 1934, a été fixé par le Ministre du Travail à 5,3 %.

6. Non seulement P diminue, mais la tension moyenne de transport et le facteur de puissance s'améliorent, de sorte que p, d'après la formule de la page 126, diminue plus vite que P.

deviennent relativement très importantes, lorsque la puissance active transportée est faible.

Nous admettrons le chiffre de 5 %, qui, étant de 2 points plus élevé que le minimum, correspond à une zone de variation de la charge de la ligne, assez étendue.

Les frais de transport dûs à la perte en ligne sont égaux à une fraction $\frac{p}{100 - p}$ du prix de revient de l'unité d'énergie au

départ, soit pour le chiffre de pertes admis 5 ou 1 de ce prix.
 $\frac{95}{19}$

Que vont devenir les conditions de substitution de l'énergie hydraulique à l'énergie thermique, si aux frais de production à l'usine génératrice, on ajoute les frais d'un transport à longue distance ?

La solution graphique de ce problème est simple. Si l'on se reporte à la figure 3, page 113, qui donne les coûts de production comparés de l'énergie hydraulique et de l'énergie thermique dans la période initiale, et pour diverses hypothèses, on voit que le fait du transport de l'énergie va se traduire par une translation des courbes de l'énergie hydraulique, vers le haut, rendant plus dures les conditions de la substitution. Il ne s'agit pas rigoureusement d'une translation au sens géométrique de ce mot. Il y a seulement translation pour ce qui concerne les frais de transport dûs aux charges fixes qui dépendent de l'utilisation de la ligne elle-même ; ces frais sont donc constants, quel que soit le prix de revient au départ ; ils sont du reste les plus importants. Par contre, les frais de transport dûs à la perte en ligne qui sont une fraction du prix de revient au départ, indépendante de l'utilisation de la ligne elle-même, seront plus élevés, pour les faibles utilisations de la centrale de production.

Pour les points M et P, qui définissaient les conditions de substitution de la centrale hydraulique A avec les centrales thermiques A et B, le coût de production devient, dans l'exemple choisi d'un transport à 500 km :

Utilisation de la ligne :	1.000 h.	2.000 h.	5.000 h.
Point M (coût au départ)	19	19	19
Pertes en ligne	1	1	1
Charges fixes de transport	16, 2	8, 1	3, 2
Coût à l'arrivée en centimes	36, 2 (M 3)	28, 1 (M 2)	23, 2 (M 1)
Point P (coût au départ)	12	12	12
Pertes en ligne	0, 6	0, 6	0, 6
Charges fixes de transport :	16, 2	8, 1	3, 2
Coût à l'arrivée en centimes	28, 8 (P 3)	20, 7 (P 2)	15, 8 (P 1)

On a ainsi 3 nouvelles courbes du coût de production de la centrale hydraulique A, passant par les points M₃ P₃ pour une utilisation de la ligne de 1000 heures, M₂ P₂ pour une utilisation de 2000 heures, et M₁ P₁ pour une utilisation de 5000 heures.

On aboutit ainsi à des péages qui sont, dans une hypothèse moyenne, entre M et P, de 17 centimes pour 1000 h. d'utilisation, 9 centimes pour 2000 heures, 4 centimes pour 5000 heures. Pour un réseau à 150.000 v., les prix pratiqués sont de 1 à 5 centimes par kwh pour des distances de transport variant de 50 à 250 km.

Dans les deux premiers cas, la courbe du coût de production de la centrale hydraulique ne coupe aucune des deux courbes relatives aux centrales thermiques. La substitution n'est plus possible.

Dans le dernier cas seulement (utilisation de la ligne de 5000 heures), la centrale hydraulique A peut encore lutter avec la thermique B, mais pas la thermique A, et se substituer à elle dans les conditions déterminées par les coordonnées du point R, soit pour une utilisation de 4.350 heures, et un prix de 15 centimes de kwh, au lieu des conditions du point M (2550 heures et 19,5 centimes).

Ainsi donc, le handicap qui résulte de l'éloignement oblige les centrales hydrauliques, toutes choses égales d'ailleurs, à accroître leur utilisation, ce qui permet aux centrales thermiques d'abaisser leur propre prix de revient. Autrement dit, le fait de mettre en concurrence, une centrale hydraulique et une centrale thermique éloignées l'une de l'autre conduit, lorsqu'on atteint des conditions d'uti-

lisation qui permettent à l'énergie de la première de se substituer à l'énergie de la seconde, à un prix de substitution plus bas que si les centrales avaient été voisines.

Cet exemple numérique suffit à montrer dans quelles conditions très dures vont se trouver placées les usines hydrauliques pour lutter contre les usines thermiques, (tout au moins dans la période initiale), si elles doivent transporter leur énergie à longue distance, et le degré d'incertitude des hypothèses numériques qui ont servi de base à ce calcul n'est pas suffisant pour changer le sens des conclusions qu'on peut retirer de cette étude, à savoir que l'énergie hydraulique ne peut lutter avec l'énergie thermique, à longue distance qu'à une double condition :

1^o Disposer de centrales dont le coût de premier établissement soit sensiblement inférieur à 3.500 frs par kw installé, soit par suite de conditions d'installation initiales favorables, soit par suite d'amortissements antérieurs, soit par suite de subventions de l'Etat. Il en existe fort heureusement, même parmi les aménagements de la période d'après-guerre. Nous en donnerons dans le chapitre suivant quelques exemples (page 155).

2^o Pouvoir réaliser une utilisation des lignes d'au moins 3000 heures.

Pour une telle utilisation, le coût du transport sera de l'ordre de 6 centimes le kwh. En examinant à l'aide des courbes du coût de production, ce que pourra être le prix marginal de substitution qu'acceptera le thermicien, on voit que le péage du transporteur étant prélevé, il restera vraisemblablement peu de chose pour le producteur.

Pour conclure, il paraît donc tout à fait prématuré d'affirmer que l'énergie hydraulique doive se substituer naturellement à l'énergie thermique grâce aux transports à longue distance.

Dans la période actuelle, cette dernière apparaît au contraire armée pour opposer au développement de sa rivale des barrières sérieuses dans le domaine de la distribution.

Dans un avenir prochain, et tant que la houille blanche ne sera pas, par le jeu des amortissements, allégée de la plus grosse partie de ses charges financières, il ne semble

pas qu'elle puisse acquérir une suprématie définitive, la houille noire étant appelée à faire encore quelques progrès d'ordre technique. Seuls, des groupements d'entreprises puissants, disposant de chutes d'eau déjà amorties ou partiellement amorties, peuvent équiper de nouvelles chutes et construire des lignes à très hautes tension et longue distance, les rentes économiques des affaires anciennes servant à « renter » les affaires nouvelles pendant la période d'improductivité.

En dépit de ces pronostics assez sombres, des lignes à 220.000 v. convergeant vers Paris, s'édifient cependant, avec le seul concours de l'initiative privée.

Quels sont donc les principes du pacte d'alliance qui permet ainsi à la houille blanche de concourir à l'alimentation de la région parisienne ?

M. Bourgain, dans une communication à la Société des Ingénieurs civils (séance du 8 décembre 1933) les a fort clairement exposés, à peu près en ces termes⁷. Le thermicien ne pourra accepter de placer de l'énergie hydraulique à la base de son diagramme de production que si son prix n'excède pas la faible consommation de charbon que lui aurait coûté la production des kwh correspondants, dès lors que pour les absorber, il est obligé de faire marcher à puissance réduite ses groupes en service continu. Une telle condition pourra être réalisée par l'hydraulicien d'autant plus facilement qu'il s'agira pour lui d'énergie à produire, à l'aide d'eau qui, autrement, n'aurait pas été utilisée.

Inversement, si l'hydraulicien se trouve en période de pénurie relative d'eau, il pourra avoir avantage à enfermer cette eau derrière un barrage, pour la transformer en énergie de qualité à l'heure de la pointe, si le thermicien disposant dans sa centrale d'un groupe marchant à faible puissance, peut effectuer cette fourniture dans de bonnes conditions dans la limite de la puissance disponible de ce groupe, grâce à une faible dépense supplémentaire de charbon.

C'est donc vers une collaboration continuelle beaucoup plus que vers une lutte que s'orienteront les rapports de

7. M. Bourgain, « Remarques sur l'interconnexion des usines hydrauliques et thermiques », *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, novembre-décembre 1933, p. 1135.

l'hydraulicien et du thermicien, l'un et l'autre pouvant tour à tour profiter des avantages techniques ou économiques qui leur sont propres.

Il y a donc deux façons radicalement opposées de placer de l'énergie hydraulique dans une zone desservie normalement par l'énergie thermique :

1° S'il s'agit d'énergie hydraulique de qualité inférieure on la placera à la base du diagramme de production, le thermicien faisant les pointes, puisque c'est aux faibles utilisations qu'il reprend l'avantage.

2° S'il s'agit d'énergie hydraulique de qualité supérieure pour les pointes, c'est l'énergie thermique que l'on placera à la base du diagramme, mais ce genre de fourniture exige du producteur hydraulicien qu'il possède des réservoirs suffisamment importants pour pouvoir prendre des engagements de puissance et d'horaire.

Actuellement, c'est plutôt pour ce deuxième mode de fourniture que les producteurs du Massif Central, les seuls qui alimentent en ce moment la région parisienne, paraissent le mieux placés.

Les contrats sont très élastiques, et prévoient en général une prime fixe par kilowat de puissance souscrite (ce que l'hydraulicien recherche pour couvrir ses charges fixes) et un prix proportionnel par kilowatt-heure effectivement fourni, avec un minimum annuel d'utilisation et l'obligation pour le producteur d'avoir toujours la puissance à la disposition des distributeurs de la région parisienne pendant un certain nombre d'heures par jour.

Ce nombre d'heures varie d'un minimum de 4 heures à un maximum de 10 heures par jour. Toutefois, l'obligation pour l'hydraulicien d'offrir et pour le thermicien de consommer n'est formelle que jusqu'à concurrence de 4 heures par jour. Pour la cinquième et la sixième heure, il y a simple faculté pour l'hydraulicien d'offrir et obligation pour le thermicien d'accepter. Au delà, simple faculté pour l'un et l'autre.

Le prix de la fourniture comporte, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, une prime fixe par kw de puissance que l'hydraulicien a l'obligation de fournir pendant au moins 4 heures. Le prix proportionnel par kwh effectivement livré

est assez bas et est fixé de façon à avoir comme maximum le prix de l'élément charbon, dans le coût de production de l'énergie thermique.

§ 2. *Applications à la traction électrique.*

Les questions de transport ne vont plus jouer dans ce domaine un rôle aussi important que dans le précédent, puisque indépendamment des besoins de la traction électrique, dont l'équipement n'est encore qu'à ses débuts, un vaste réseau de transports s'est déjà constitué, qu'il suffira de compléter par quelques mailles à 60.000 v. ou 150.000 v. pour mettre à la disposition des sous-stations de traction l'énergie dont elles ont besoin.

La Compagnie du Midi avait pris l'initiative qui s'est révélée d'ailleurs extrêmement féconde, de construire un réseau de transport pour relier entre elles ses différentes centrales hydrauliques et distribuer leur énergie aux sous-stations. Mais on s'est bien vite aperçu que ce réseau pouvait très heureusement être utilisé à jouer le même rôle pour le compte des tiers et, en fait, il transporte aujourd'hui, sous l'autorité d'un organisme spécialisé, beaucoup plus d'énergie pour le compte de sociétés tierces que pour la Compagnie des Chemins de fer du Midi elle-même.

Les conditions de substitution de l'énergie électrique consommée par les sous-stations de traction, au charbon consommé par les locomotives à vapeur seront déterminées en faisant la balance entre les frais de la traction à vapeur et les frais de la traction électrique, et en négligeant les dépenses d'acquisition du matériel roulant dans l'un et l'autre cas, car elles se compensent sensiblement.

Les frais de la traction à vapeur comprennent :

- 1° Les frais d'achat de combustible;
- 2° Les frais de conduite, d'entretien et de réparation des locomotives.

Les frais de la traction électrique comprennent :

- 1° les charges annuelles d'intérêts et d'amortissement des dépenses d'installation du matériel fixe (lignes de transport d'énergie, postes de transformation, sous-stations, lignes de contact, etc...).

2° les dépenses d'énergie électrique correspondant à un service de traction identique à celui réalisé avec la traction à vapeur ;

3° les frais de conduite et d'entretien des sous-stations, les dépenses d'entretien et de réparation des lignes de contact.

Sans entrer dans le détail des calculs et des divers résultats expérimentaux dont il est tenu compte pour les établir, les frais annuels par kilomètre de ligne que nous désignerons par K_v dans le cas de la traction à vapeur, par K_t dans le cas de la traction électrique, s'expriment, en fonction de la consommation de combustible Q en tonnes par kilomètre de ligne et par an, prise comme variable, par les deux relations linéaires suivantes :

$$K_v = Q \left[C [1 + 0,32 (I + \epsilon)] + 3,57 (I + \epsilon) \right]$$

$$K_t = \frac{1000 \, p \, Q}{\lambda} + \frac{Pr}{100}$$

en négligeant dans K_t pour simplifier, les frais de conduite des sous-stations, ainsi que les dépenses d'entretien du matériel électrique fixe qui sont compensés par des économies accessoires.

où C désigne le prix en francs de la tonne de houille. ; $1 + \epsilon$, un coefficient par lequel il faut multiplier les frais d'entretien des locomotives à vapeur dans les lignes à forte déclivité (pour les déclivités de l'ordre de 15 millimètres par mètre on prend $\epsilon = 0,25$),

p , le prix du kwh d'énergie fournie aux sous-stations ;
 λ , le nombre de kilogrammes de charbon qui peuvent être remplacés par 1 kwh aux bornes des sous-stations (sa valeur est ordinairement comprise entre 2,5 et 3,5 kg et permet de mesurer l'économie de combustible faite par la traction électrique, puisqu'il faudra au maximum 1 kg de charbon pour produire ce kwh) ;

P , le capital engagé par kilomètre de ligne pour l'installation du matériel fixe d'électrification ;

r , le taux d'intérêt et d'amortissement ⁸.

8. Voir pour le détail des calculs l'excellente étude de M. Parodi, 3^e Congrès de la Houille Blanche, section technique, 1^{er} rapport, Utilisation ration-

On peut, et c'est notamment ce que fait M. Parodi, dans son étude, évaluer K_v et K_t . On a ainsi en représentation graphique une famille d'hyperboles, pour les divers cas étudiés, dont la concavité limite les zones favorables à l'électrification.

Nous préférons tracer (fig. 5) pour représenter K_v et K_t indépendamment, des faisceaux de droites, qui nous paraissent plus significatifs.

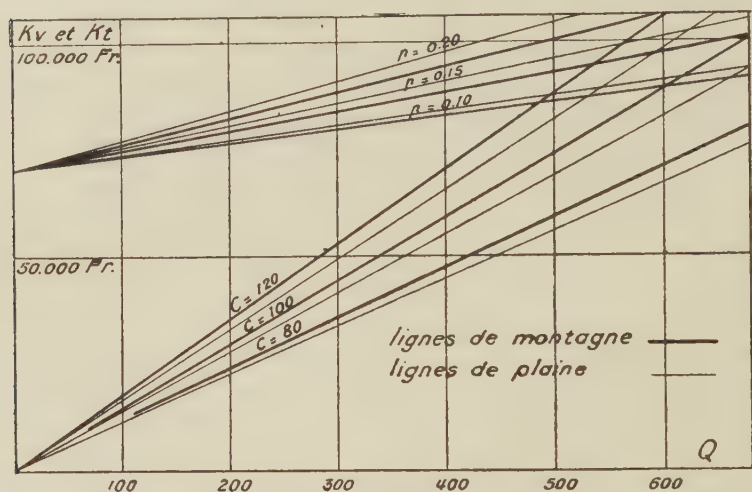


Fig. 5

Chacun des 4 faisceaux comprend 3 droites (traits forts pour les lignes de montages, traits fins pour les lignes de plaine non déclives).

Les paramètres sont pour les lignes K_t le prix du kvh : 0,10 – 0,15 – 0,20 (en sens inverse des aiguilles d'une montre) pour les lignes K_v , le prix de la tonne de houille : 80 – 100 – 120 fr.

Le faisceau des droites K_t converge vers un point de l'axe des ordonnées qui représente les charges annuelles du capital investi. Le coefficient angulaire de ces droites est faible, ce qui veut dire que les dépenses d'installation, une fois faites, les charges d'exploitation proprement dites augmentent lentement lorsque le trafic croît.

nelle de la Houille Blanche pour l'électrification des Chemins de fer », p. 6 et suivantes.

Le faisceau des droites K_v converge vers l'origine des coordonnées, puisqu'il n'a pas été tenu compte dans les frais de traction à vapeur des charges financières, les installations étant supposées amorties. Mais ces frais de traction croissent beaucoup plus vite en fonction du trafic, la matière consommable, le charbon, intervenant ici 3 fois plus vite, puisque 3 kg. de charbon sont l'équivalent d'un kwh.

L'exemple de la figure 5 a été tracé dans le cas d'une ligne à double voie, en montagne et en plaine, en supposant que le coût de premier établissement pour l'électrification était, dans l'un et l'autre cas de 1 million par km, et le taux d'intérêt et d'amortissement de 7 % conforme aux conditions faites aux collectivités emprunteuses par la Caisse des Dépôts et Consignations, en application de la loi du 7 juillet 1934 (plan Marquet).

Pour les lignes en plaine $(1 + \epsilon) = 1$ et $\lambda = 3$, l'équation des droites k_v est :

$$K_v = Q (1,32 C + 3,57)$$

et celle des droites K_t :

$$K_t = 333 Q_p + \frac{Pr}{100}$$

Pour les lignes de montagne, $(1 + \epsilon) = 1,25$ et $\lambda = 3,3$, l'équation des droites K_v est :

$$K_v = Q (1,4 C + 4,5)$$

et celle des droites K_t :

$$K_t = 300 Q_p + \frac{Pr}{100}$$

Les points d'intersection des différentes droites déterminent, pour des prix du charbon et de l'énergie représentés par leurs paramètres, le trafic à partir duquel la traction électrique est plus avantageuse.

Cette application numérique n'a pas d'autre valeur que celle d'un exemple, uniquement destiné à montrer, dans le cas de la traction électrique, le mécanisme de la substitution de la houille blanche à la houille noire, idée générale du chapitre.

En fait, les prix d'électrification sont très variables, non seulement suivant le nombre de voies, mais également suivant les équipements de voies de gare, les types de signa-

lisation, les dispositifs de sécurité etc... Par contre, ils varient peu, lorsqu'on passe, toutes choses égales d'ailleurs, d'une ligne de plaine à une ligne de montagne. C'est pourquoi l'exemple numérique que nous avons choisi conserve tout au moins une valeur démonstrative, pour comparer les conditions de substitution en plaine et en montagne.

M. Parodi, dans son étude déjà citée, donnait en 1925 les chiffres suivants ⁹ :

Dépenses	lignes à 4 voies	fr. 800.000
d'établissement	— 3 —	650.000
par kilomètre	— 2 —	470.000
de ligne	— 1 —	250.000

Actuellement, parmi les prochains tronçons à électrifier, la ligne Paris-Le Mans en double voie doit coûter environ 1.400.000 le kilomètre ; la ligne Tours-Bordeaux, également en double voie, 1.950.000 le kilomètre ¹⁰.

On voit d'après l'épure de la fig. 5, que pour des prix de la houille variant de 80 à 120 fr, et des prix de l'énergie variant de 0,10 à 0,20 le kwh, les conditions de substitution de l'énergie électrique à la houille peuvent varier dans de grandes limites.

Dans les conditions les plus favorables à l'énergie électrique (énergie à 0,10 le kwh, houille à 120 fr. la tonne) le trafic minimum à partir duquel l'électrification est plus avantageuse correspond à une consommation annuelle de charbon de 548 tonnes-kilomètre. Pour les conditions moyennes (énergie à 0,15 le kwh, houille à 100 fr.) la substitution peut se faire à partir de 816 tonnes-kilomètre. Dès que l'on passe à l'inverse aux conditions extrêmes (énergie à 0,20 le kwh houille à 80 fr.) le point de substitution s'éloigne très rapidement et son abscisse est de 1628 tonnes-kilomètres.

De même, pour des prix de la houille et de l'énergie identiques, l'écart entre les consommations de substitution des lignes de plaine et des lignes de montagne, croît très

9. *Op. cit.*, p. 10.

10. D'après M. Parodi, le chiffre de 1 million est un prix moyen pouvant s'appliquer à une ligne à voie double, comportant en outre 1 km environ de voie supplémentaire pour gares et voies accessoires. Les chiffres cités pour Paris, Le-Mans et Tours-Bordeaux, proviennent d'une autre source.

rapidement quand on passe des conditions favorables à l'électrification aux conditions défavorables. Autrement dit, pour de l'énergie bon marché et de la houille chère, le tarif de substitution varie peu avec la déclivité de la ligne.

§ 3. *Applications à l'électrochimie et à l'électrometallurgie.*

Ces applications ont constitué pendant fort longtemps le domaine exclusif de la houille blanche. Sauf peut-être pour la fabrication de certains aciers fins, que certaines firmes métallurgiques du Centre pratiquaient déjà avant la guerre, soit avec du courant d'origine thermique, soit avec du courant d'origine hydraulique par la suite, le four électrique pour la fabrication des gros produits : carbure de calcium, ferro-alliages, était considéré comme un monopole de la chute d'eau.

« L'importance des puissances mises en jeu, la nécessité de n'employer à de telles fabrications que de l'énergie à bas prix, paraissaient en exclure les forces d'origine thermique, et il semblait que seules les centrales hydro-électriques pussent assurer à ces industries, à des conditions suffisamment économiques, le courant qui leur était nécessaire ».

Tel était le préambule d'un rapport établi en 1928 par une Commission désignée par la Chambre Syndicale des Forces hydrauliques, dont M. Henry Gall était le président et M. Henri Frédet le rapporteur, pour étudier « la répercussion sur l'industrie hydro-électrique électrometallurgique et chimique de la concurrence de l'énergie thermique des mines et hauts fourneaux ».

Cette étude avait été suscitée par l'émoi provoqué dans le camp des électrochimistes, par une initiative belge datant de 1926, à la suite de laquelle des fours électriques, alimentés par de l'énergie thermique de la centrale des Flandres, avaient été mis en route à Langerbrugge.

Cet essai ayant été couronné de succès menaçait de faire école et on ajoutait « que l'exemple serait vite suivi et généralisé, et qu'en définitive c'était à plus ou moins brève échéance après le carbure et la cyanamide, toute l'industrie électrochimique et électrometallurgique et, par contre

coup, toute l'industrie hydro-électrique, qui était directement et gravement menacées ».

L'étude précitée étudie en 3 chapitres les causes de la situation ainsi créée, ses effets et les mesures défensives qu'il paraissait opportun de prendre, soit du propre mouvement des industries intéressées, soit avec l'appui des Pouvoirs publics, pour les atténuer.

Les causes sont, on le devine, les progrès considérables réalisés dans la technique des centrales thermiques, l'orientation suivie par les usines sidérurgiques qui les pousse à accroître leurs excédents calorifiques, et à les utiliser à la production de l'énergie électrique, d'où il est résulté un abaissement considérable du prix de revient de l'énergie électrique. Il faut ajouter à cette cause d'ordre général le désir bien légitime que peuvent avoir les thermiciens de mieux utiliser leur matériel, toujours largement suréquipé pour assurer le service de pointes, à des applications pouvant se contenter d'énergie intermittente ou irrégulière. Les progrès accomplis par la technique du four électrique n'ont pas peu contribué du reste à favoriser de semblables applications. On considérait autrefois, et on considère encore aujourd'hui dans certains cas, que le four électrique pour avoir un bon fonctionnement, exige une puissance qui ne soit pas sujette à de trop grandes ni trop fréquentes variations. Or, les grands fours électriques modernes sont infiniment plus souples que leurs aînés, et les fours à carbure de calcium de type récent se prêtent très bien à des variations de puissance importantes. Ainsi, les électrochimistes eux-mêmes ont, sans le vouloir, forgé des armes pour se faire battre.

Le prix de revient de l'énergie que les usines sont actuellement capables d'affecter, en marche continue, à des industries annexes, telles que l'électrochimie ou l'électrométallurgie, peut osciller entre 10 et 14 centimes, en attribuant au combustible consommé sa valeur commerciale normale sur le carreau de la mine.

D'après l'étude que nous avons faite précédemment, page 113, il semble que de tels prix ne puissent être obtenus dans les meilleures conditions qu'à partir de 3000 heures d'utilisation. Mais cette matière du prix de revient est,

on le sait, infiniment élastique et il est loisible aux producteurs d'énergie thermique d'attribuer aux combustibles inférieurs qu'il utilisent et qui sans cela eussent été invendables, des valeurs d'ordre leur permettant d'obtenir sur le papier des prix de revient inférieurs à leurs prix de revient normaux. Il en est de même des gaz des hauts fourneaux ou des fours à coke auxquels on peut attribuer une valeur infime, si à défaut de cette application, ces gaz étaient destinés à rester sans emploi.

Ce qu'il convient de noter pour bien marquer les éléments de supériorité intrinsèque dont disposent les centres miniers ou métallurgiques, c'est que ce prix de 10 à 14 centimes le kwh, qui leur permet de vivre en faisant du carbure de calcium et de la cyanamide, ferait reculer les électrochimistes de houille blanche. Ils considèrent en effet que, *dans leurs montagnes*, ils ne peuvent incorporer dans le prix de leurs produits qu'un prix de l'énergie beaucoup moindre, qui, suivant les applications, varie entre 5 et 10 centimes.

Les électrochimistes de houillenoire sont donc forcément amenés à rechercher une compensation sur d'autres postes de leur prix de revient. Ils la trouvent très aisément dans l'avantage qu'ils ont de posséder sur place et à bon compte les matières premières nécessaires (coke et chaux) et d'avoir presque sur place également, l'écoulement du produit fabriqué (cyanamide).

Les effets de cette situation économique nouvelle se sont traduits, pour ne parler que de la France, par l'installation aux Mines de Lens et aux Aciéries du Nord et Lorraine à Uckange, de deux puissantes usines de carbure et cyanamide, capables de produire, la première 15.000 à 20.000 tonnes, la seconde 10.000 à 15.000 tonnes de cyanamide par an.

Cette possibilité de conflits devait faire place dans la suite à des ententes industrielles, allant plus loin que le simple contingentement des quantités ou la limitation des prix, puisqu'en 1933, une alliance sur le plan technique est intervenue entre l'un des deux trouble-fête ci-dessus, la Société Métallurgique du Nord et de la Lorraine à Uckange et la Société d'Electrochimie et des Aciéries électriques d'Ugine, un vétéran de la houille blanche, pour constituer

la Société des Aciéries électriques Ugine-Uckange, qui utilisera pour ses fabrications d'acier l'énergie issue des gaz des hauts fourneaux. Ce trait d'union ne peut être que de bon augure pour l'issue du conflit dont nous avons marqué les prodromes.

Quelles *mesures défensives* croyait pouvoir proposer la Commission de la Chambre syndicale ?

Les installations électrochimiques et électrométallurgiques des sociétés minières et métallurgiques, déclarait-elle en conclusion de son rapport, constituent un réel danger pour les industries de houille blanche.

Il semble toutefois possible d'y parer dans une certaine mesure :

a) *Immédiatement*

— par une diminution des tarifs de transport qui handicapent les usines d'énergie hydraulique par rapport aux usines d'énergie thermique du Nord et de l'Est, suivant un barème progressif atteignant 50 % au delà de 500 km ;

— par une diminution des frais de transport des charbons de qualité inférieure, de l'ordre de 25 % pour en faciliter, hors du carreau des mines, l'emploi dans les chaudières au charbon pulvérisé ;

— par la législation en vigueur qui autorise les compagnies minières à user du système de l'évaluation forfaitaire (25 % des dividendes distribués) pour le paiement de la redevance proportionnelle à l'Etat, sous condition que les produits de la mine ne seront pas consommés ou vendus à un prix inférieur à leur valeur normale, de façon à ne pas réduire indûment le bénéfice et par conséquent la redevance proportionnelle payée à l'Etat ;

— par des initiatives particulières, telle que, par exemple l'intensification de la propagande pour l'emploi de la cyanamide près des lieux de production.

b) *Dans un avenir aussi rapproché que possible :*

— par la réalisation des projets concernant l'achèvement des grands réseaux d'interconnexion, qui, en permettant une meilleure répartition et par conséquent, une meilleure utilisation des forces de houille blanche, assureront une diminution du prix du kwh affecté à l'électrochimie et à l'électrométallurgie ;

— par la création d'un organisme commun pour la recherche méthodique de débouchés supplémentaires pour l'énergie électrique;

— par l'octroi de facilités données par l'Etat à l'industrie hydroélectrique, facteur indirect mais essentiel de la défense nationale, et richesse publique, à la prospérité de laquelle il est associé.

Parmi ces mesures, les quatre dernières relèvent directement de l'initiative des entreprises intéressées, et sont conformes à une saine politique économique. Il serait tout à fait légitime, dans un tel domaine, de recourir à l'aide de l'Etat, puisqu'aussi bien, il est directement intéressé à la prospérité des entreprises concédées, dont il deviendra propriétaire un jour.

Les électrochimistes ont parfaitement compris les avantages que présentaient pour eux les grands réseaux d'interconnexion qui, en étendant les débouchés, allaient permettre de répartir une partie de leurs charges financières sur une clientèle accrue et payante, allégeant d'autant la fraction de ces charges qu'ils auraient à incorporer dans leurs produits.

Ce n'est pas le seul parti que l'on puisse, selon nous, retirer de cette nouvelle politique de l'exploitation des chutes d'eau. Nous aurons à indiquer dans le chapitre III du titre III, une autre solution possible, qui consistera précisément à user des mêmes avantages économiques, dont la houille noire a su s'armer dans ce conflit de concurrence.

Quant aux trois premières mesures préconisées, elles sont dans leur principe plus contestables. Ces mesures de protectionnisme interne ne sont pas sans inconvénients, et les deux premières notamment, tout en apportant aux industries électrochimiques une aide souhaitable, auraient malheureusement pour second résultat d'aggraver le déficit ferroviaire, et indirectement, le déficit budgétaire.

La troisième de ces mesures, d'ordre administratif, nous paraît devoir être d'une application bien délicate, parce que trop facile à éluder par les compagnies minières. Il leur sera toujours loisible de faire figurer dans leurs prix de revient leurs combustibles inférieurs pour une valeur normale, puis de les alléger par une ventilation incontrôlable des frais

généraux, voire même de vendre leurs produits avec un très petit bénéfice, puisqu'elles seront assurées de retrouver sur les combustibles qu'elles se seront vendues à elles-mêmes, à leur valeur normale, le bénéfice qu'elles n'auront pas eu sur le produit.

*
* * *

Ainsi, nous venons de voir que l'énergie thermique, par les prix de revient relativement bas que lui procurent de constants progrès techniques et l'utilisation de combustibles inférieurs n'ayant qu'une bien faible valeur marchande était en mesure, dans la plupart des domaines, de tenir tête à la houille blanche.

Dans le domaine des usages généraux pour la lumière et la force motrice, le centre de gravité des plus fortes consommations se trouve malheureusement beaucoup plus près des grandes régions minières du Nord et de l'Est que des régions de prédilection de la houille blanche. Aussi cette dernière est-elle contrainte à des transports d'énergie fort onéreux qui la handicapent.

Dans le domaine de la traction électrique, la houille blanche paraît bénéficier d'une position plus facile à défendre, parce que les lignes à fortes déclivités pour lesquelles l'électrification est plus avantageuse à trafic égal, se trouvent par définition dans les régions montagneuses, donc à proximité des chutes d'eau.

Même dans le domaine des applications électrochimiques où la houille blanche croyait régner, la houille noire est venue troubler sa quiétude. Mais là aussi des adaptations se feront. Sous l'aiguillon d'une concurrence salutaire, les électrochimistes se doivent à eux-mêmes de rechercher les solutions nouvelles susceptibles d'asseoir la suprématie de leur industrie sur des bases plus solides.

Période de lutte, pour de longues années encore peut-être. Mais notre conclusion ne saurait s'en trouver modifiée. L'intérêt général au sens large, en considération des générations prochaines comme de la génération présente, nous commande de porter une sollicitude vigilante à la mise en valeur systématique de notre domaine hydro-électrique.

L'énergie thermique appauvrit le patrimoine national. Lui conserver la part qu'elle a actuellement dans la production de l'énergie électrique doit lui suffire. Les équipements de houille blanche enrichissent le patrimoine national, en créant un outil productif de richesses sans cesse renouvelées. Seule, la période d'amortissement de ces équipements est difficile à franchir. A l'Etat doit revenir la mission d'orienter, dans le sens le plus conforme à l'intérêt général, le développement de cette partie du domaine national.

CHAPITRE V

LES LOIS DU RENDEMENT DÉCROISSANT ET DE LA RENTE FONCIÈRE

Nous avons indiqué, chapitre I, § 7, quelques traits de similitude entre l'économie agricole et l'économie hydraulique, et nous avons montré comment l'énormité des capitaux d'épargne qu'il faut accumuler sous forme d'avances foncières quand on veut tirer parti de la puissance vive de l'eau, en masque pour un temps le caractère de don gratuit.

§ 1. *Le débit optimum à capter pour une chute donnée.*

Mais cette accumulation de capitaux que constitue l'équipement d'une chute d'eau donnée, n'est-elle pas susceptible de degrés ? N'allons-nous pas voir ici la loi du rendement décroissant exercer son influence comme elle le fait en agriculture ? N'allons-nous pas constater que l'application de doses successives de capital à cette même chute d'eau, pour en capter des fractions du débit croissantes, va nous conduire après un prix de revient optimum, à des prix de revient sans cesse croissants ? Comment déterminer la dose marginale de capital à investir ?

On sait le caractère de grande généralité qu'il faut attribuer à cette loi, dont l'influence s'exerce non seulement en agriculture, mais dans l'industrie, en particulier les industries extractives et même, si l'on ne veut s'attacher qu'à son sens philosophique profond, sur toutes les formes de l'activité humaine.

Cette influence s'exerce cependant ici, non pas seulement

par suite de l'hostilité du milieu qui, à partir d'une certaine limite, ne restitue plus à l'homme que des équivalents économiques décroissants, mais aussi en raison des caprices de la nature qui rend variable dans le temps cette puissance vive des torrents que l'homme a prétendu capter pour ses besoins.

Le problème serait tout différent s'il s'agissait de tirer parti d'une chute d'eau gigantesque, à débit constant, d'un réservoir naturel toujours alimenté quels que soient les débits qu'on en tire, que l'on pourrait comparer à une terre d'une fertilité inépuisable, rendant toujours avec la même générosité, les doses croissantes de capital et de travail qui lui seraient confiées. La loi du rendement décroissant n'exercerait alors son action que fort tard, pour limiter les possibilités de construction dans un espace donné.

Non, il s'agit ici de savoir, en présence d'un cours d'eau dont la loi du débit est connue en fonction du temps, quelle fraction optimum de ce débit il faut capter, pour avoir le meilleur résultat au point de vue économique.

Si on se contente de débits inférieurs, dont par contre la permanence sera mieux assurée, on n'aura réussi, au prix d'une diminution peu importante des investissements, qu'à diminuer dans une proportion plus considérable, la puissance captée. C'est le cas de certaines chutes d'avant-guerre qui ont été « gâchées » et que l'on ne peut plus améliorer maintenant, car de tels travaux ne se recommencent pas.

Inversement, si l'on veut capter des débits supérieurs à ce débit optimum, la loi du rendement décroissant jouera, en raison de la fugacité du débit supplémentaire capté.

L'ingénieur hydraulicien devra donc faire plusieurs projets complets, pour des débits captés permanents de 7, 6, 5, 4 mois, et aura à examiner, tenant compte de la durée d'utilisation escomptée, quel est le débit optimum.

Le problème est relativement simple quand il s'agit d'une usine au fil de l'eau. Il l'est beaucoup moins quand il s'agit d'une usine qui doit être compensée, par un lac ou un réservoir, avec ou sans pompage, ou qui doit donner un ensemble de puissance constante avec une usine thermique d'appoint.

M. Koechlin, dans un ouvrage déjà cité¹ met très clairement en évidence cette influence de la loi du rendement décroissant à l'aide d'un exemple numérique traité dans la cas général d'un groupement d'énergie mixte avec usine thermique d'appoint.

Comme dans tous les phénomènes passant par un seul minimum, les courbes de prix de revient du kwh en fonction des débits captés sont des courbes en V très aplaties (fig. 6) la branche de gauche étant limitée au prix de revient correspondant au débit minimum permanent, la branche de droite au prix de revient correspondant au débit maximum de 10 jours par exemple.

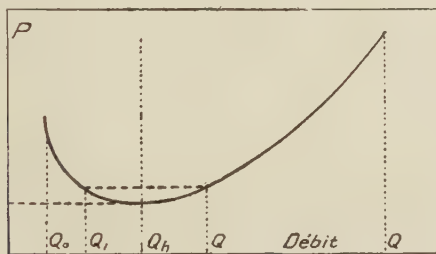


Fig. 6

On voit donc que, pour un prix de revient donné, 2 solutions sont en général possibles, quand du moins on ne veut pas s'astreindre à réaliser rigoureusement le prix de revient minimum, ce qui limite la puissance. On préférera donc capter un débit Q_2 donnant un prix de revient légèrement supérieur au prix de revient optimum P_h mais une puissance et une quantité d'énergie disponibles, permettant à l'entreprise de faire face, le cas échéant, à une demande plus active.

§ 2. Efforts économiques croissants : les théories de la rente du sol de Carey et de Ricardo.

Nous avons jusqu'à maintenant examiné le cas d'une

1. *Mécanisme de l'eau et principes généraux pour l'établissement d'usines hydrauliques*, p. 301.

chute donnée, et nous nous sommes demandés à quelle dose maximum de capital il fallait se borner pour limiter l'influence que ne manque pas d'avoir, à partir d'une certaine limite, la loi du rendement décroissant.

Si nous considérons maintenant la série des chutes d'eau qui ont été successivement équipées, n'allons-nous pas constater que ces chutes ont précisément été aménagées dans l'ordre des « fertilités hydrauliques décroissantes ». Nous employons cette expression, qu'on voudra bien nous pardonner à défaut de meilleure, en nous gardant bien entendu de donner à ce mot de fertilité le sens qu'il possède en économie agricole.

Il ne s'agit pas en l'espèce d'une vertu particulière à l'eau de tel torrent que ne posséderait pas celle de tel autre torrent. Non, la puissance vive de l'eau est déterminée d'une façon impérative par la loi de la gravitation universelle, et nous ne pouvons rien y changer.

Mais les efforts *économiques* que nous devons développer pour obtenir une puissance utile donnée, pourront être très différents, suivant les circonstances de lieu, d'emplacement, la configuration des berges du torrent, sa pente générale, la dureté ou la friabilité des roches à percer etc., de sorte que les chutes qui vont être successivement aménagées sous la pression de besoins croissants, donneront lieu vraisemblablement à des coûts de production de plus en plus élevés, créant au bénéfice des chutes précédentes des rentes économiques. Ce n'est pas autre chose que le mécanisme ricardien de la rente du sol. C'est le tribut payé à l'avarice de la nature, tout au moins si l'on s'en tient à la signification étroite, technique du concept de rente et si l'on écarte les autres sources de rentes économiques (rente de situation, rente de conjoncture) grâce auxquelles les économistes modernes ont pu donner au concept de rente toute sa généralité, en l'intégrant dans la théorie générale des prix.

Il est certain que les premiers pionniers de la houille blanche se sont contentés d'aménager des chutes faciles, n'exigeant d'eux que des efforts économiques et techniques à la mesure des moyens réduits dont il disposait, alors que l'aménagement des puissantes chutes d'eau actuelles

telles que celles de Kembs et de Brommat, exige des efforts économiques qu'on n'eût pas été en mesure de développer au début du siècle.

Cela ne veut pas dire que ces chutes puissantes, mais difficiles, [ne soient pas ensuite capables, lorsque les capitaux d'épargne qu'elles représentent auront été reconstitués, d'une productivité intrinsèque supérieure à celle des très faciles, mais débiles filets d'eau, captés par les pionniers.

La théorie de Carey, qui s'est appuyée pour expliquer le phénomène de rente sur un ordre historique de mise en culture des terres établi d'après leurs facilités économiques décroissantes, et non pas d'après leurs fertilités agricoles décroissantes comme le voulait Ricardo, cadrerait mieux semble-t-il, avec notre matière où, en définitive, l'homme applique toute son ingéniosité à vaincre des difficultés naturelles toujours de plus en plus redoutables, en obéissant de son mieux au principe de l'économie des forces.

§ 3. *Efforts de la technique pour maîtriser la loi du rendement décroissant.*

Ces considérations théoriques paraîtront moins abstraites lorsque nous aurons pu, dans le chapitre II du titre II analyser le mécanisme de l'opération financière que constitue l'aménagement d'une chute d'eau.

Contentons-nous, pour l'instant, de préciser dans quelle mesure les techniciens sont parvenus à maîtriser cette loi du rendement décroissant, par une plus grande perfection dans la construction des ouvrages hydrauliques et des machines, pour montrer ensuite quelle a été, en dépit des progrès de la technique, la progression des coûts d'aménagement qui sera en fin de compte l'expression chiffrée de la loi économique que nous étudions.

Les progrès dans l'art de construire se sont principalement traduits par la réalisation d'ouvrages plus audacieux soit par leur conception, soit par leurs dimensions, qu'on n'eût pas osé entreprendre il y a quelques vingt ans, mais que l'on peut mener à bien aujourd'hui grâce à la puissance d'engins de travail mécaniques très spécialisés et de mé-

thodes d'œuvre progressivement expérimentées et mises au point.

Les réalisations toutes récentes de Kembs et de Brommat en sont un bel exemple.

M. de Peyerimhoff, s'adressant au Président de la République, en 1933 lors de l'inauguration de la Truyère, en faisait un parallèle significatif : « Voici deux grands types complémentaires et, si je puis dire, deux volets du dptyque hydro-électrique moderne : là-bas... terrassements dans le sable et les graviers, ouvrages étalés en surface ; ici... des granits si abrupts et des gorges si profondes qu'il faut disposer en hauteur d'un formidable outillage, et que c'est à plus de 350 m sous terre que bat le cœur de ce grand organisme ».

Dans le calcul et le tracé des ouvrages, les applications pratiques de la loi de similitude se développent de jour en jour, et il est à l'heure actuelle peu d'ouvrages hydrauliques de quelque importance qui soient réalisés, sans qu'au préalable des essais minutieux sur modèles réduits n'aient été effectués dans un des laboratoires spécialisés dans ce genre d'études, en particulier ceux de la Société Hydrotechnique de France, à Grenoble et à Metz.

Le développement que ce genre d'essais a acquis résulte tant de l'impossibilité de résoudre par le calcul un grand nombre de problèmes d'ordre pratique, tels que la détermination des formes optima à donner aux ouvrages hydrauliques, que de la gravité des conséquences qui peuvent résulter d'une erreur dans cette détermination².

De telles méthodes sont toutes récentes. Antérieurement, les ouvrages de prise, dont la tenue d'abord, le bon fonctionnement ensuite sont d'une importance capitale, étaient tracés et conçus empiriquement et donnaient lieu souvent à de graves mécomptes. Aussi devait-on être prudent.

La construction du moteur hydraulique lui-même a donné naissance à toute une technique très savante, où la science française, grâce aux beaux travaux de Rateau, a apporté une contribution importante, et qui a permis de

2. Jean Laurent, « Application pratique de la loi de similitude à l'étude d'une prise d'eau en rivière. Congrès de Lisbonne, Section d'hydrologie scientifique, septembre 1933.

realiser dans le domaine des rendements, des progrès sensibles, dont nous allons marquer les étapes principales.

Voici, d'après M. Gariel, directeur général des Ateliers Neyret-Beylier et Piccard-Pietet, quelques résultats caractéristiques :

Année de construction	Turbines centripètes Type de turbine	Rendement
1900	Centripète avec vannage à tiroir, roue et distritributeur non cloisonnés	80 %
1904	Centripète avec vannage à tiroir, roue et distributeur cloisonnés. Vizille (Isère)	79 %
1905	Centripète à directrices mobiles	80, 5 %
1909	Centripète double à directrices mobiles Ventavon 7.500 cv.	81, 5 %
1910	Centripète à directrices mobiles, Venthon 2.500 cv	82, 8 %
1912	Centripète à directrices mobiles, Rateaux, 1.750 cv	84, 5 %
1913	Centripète double à directrices mobiles, avec adjonction de labyrinthes, 7.500 cv, Ventavon	85 %
1917	Centripète à directrices mobiles. Licq-Athèrey, 4.000 cv.	86 %
1923	Centripètes à directrices mobiles. Hymouthiers 1.900 cv.	
1926	Centripètes à directrices mobiles 830 cv. Jarrie	89 %
1928	Centripète à directrices mobiles, 8.000 cv. la Loue	89, 5 %
1929	Centripète à directrice mobile 1.550 cv, la Trinité	90 %
Année de construction	Turbine à libre déviation Type de turbine	Rendement
1908	Turbine Girard, 100 cv, Roizonne	74, 5 %
1909	Turbine Girard, 1.500 cv, Jouchy.	76 %
1911	Turbine Pelton, 1.000 cv. Beaumont	80 %
1913	Turbine Pelton double, 1.400 cv, N.D. de Briançon	83 %
1920	Turbine Pelton, 5.000 cv. Eget	88, 5 %
1924	Turbine Pelton double, 12.000 cv, Viclaire	86 %
1925	Turbine Pelton deux jets, 850 cv, La Praz	84 %
1928	Turbine Pelton, 1.800 cv, Auzat	86, 5 %
1929	Turbine Pelton 2 jets, 9.000 cv. Beaufort	86 %

Il semble donc qu'un progrès de 10 points ait été réalisé dans le rendement des turbines depuis 1900, le type centripète Francis conservant encore, sur le type à libre déviation, l'avance de 4 points qu'il avait initialement.

M. Gariel estime que pour les turbines Francis de moyenne puissance, on atteint normalement dans de bonnes conditions, 88 à 90 %, et qu'il est possible, pour les très grandes puissances, d'arriver à 92 %.

Pour les Pelton, dans les mêmes conditions, on atteint 87 à 88 %, allant peut-être à 90 % pour les vitesses spécifiques vraiment favorables, et pour les grandes puissances.

Le contrôle de ces rendements, en service, demande à être surveillé de façon systématique, pour déceler l'influence de l'usure des aubages. La plupart des usines hydro-électriques en ont confié le soin à un organisme spécialisé, la Société hydrotechnique de France, dont M. Jean Laurent est l'animateur vigilant. En faisant la moyenne des résultats obtenus au cours d'une année, on a pu, pour l'ensemble des usines contrôlées, évaluer le gain de puissance rendu possible par les indications de ce service d'essais, à 180.000 cv. S'il avait fallu construire des usines nouvelles pour produire cette puissance, les capitaux engagés évalués au taux moyen de 2.500 fr. le cheval installé, auraient atteint la somme de 450 millions de francs ³.

Mais les progrès les plus marqués ont été réalisés, non pas tant dans le domaine de la production de l'énergie hydro-électrique, que dans celui de l'utilisation, grâce à la régularisation des débits à l'aide de lacs ou réservoirs, à remplissage naturel ou à remplissage par pompage, qui ont permis d'accroître la productivité des installations en « valorisant » l'énergie résiduelle ou « sauvage » pour en faire de l'énergie « commandée ».

Ces différents progrès, s'ils ont pu atténuer dans une certaine mesure l'influence de la loi du rendement décroissant n'ont pu l'empêcher de se manifester.

D'après M. Thierry ⁴ pour des usines d'une puissance de l'ordre d'au moins 5.000 kw, on admettait avant la guerre que la valeur du capital engagé par kw pouvait varier entre 700 et 900 fr. la valeur la plus faible correspondant à des usines bien situées au point de vue des facilités de construction, ainsi que de la régularité du débit hydraulique utilisé. Mais bien des usines, dans des conditions particulièrement favorables, ont réalisé des prix d'installation sensiblement inférieurs. L'exemple de l'usine de Chedde (Haute-Savoie) qu'on cite bien souvent, est digne d'être remarqué, puisqu'en 1896, son installation n'a coûté à ses heureux propriétaires que 120 frs. par cheval hydraulique ;

3. J. Laurent, Communication au Congrès international d'Océanographie, d'Hydrographie marine et d'Hydrologie Continentale de Séville sur l'utilisation intégrale des ressources hydrauliques d'un pays, Madrid, 1931.

4. 3^e Congrès de la Houille Blanche, section administrative, 2^e Rapport, p.6

mais, pour une chute de 140 m, la galerie creusée en plein roc sans aucun revêtement, n'avait que 700 m.

Pour citer quelques exemples d'installations plus récentes, indiquons, d'après M. Gustave Mercier⁵ que le prix de revient du kw installé à l'usine d'Eguzon sur la Creuse devait atteindre 1700 fr. environ pour une puissance installée de 50.000 kw. D'après le même auteur, la première tranche des travaux d'aménagement de la Truyère, correspondant à une puissance installée de 120.000 kw devait conduire à une dépense de premier établissement de 1600 fr. par kw installé. L'aménagement complet, qui correspondrait à une puissance installée de 350.000 kw ferait ressortir une dépense d'environ 1300 fr. par kw installé.

En Italie, l'aménagement du Haut Barbellino, exécuté immédiatement après la guerre, a coûté 40 millions de liras, soit au cours de l'époque, 32 millions de francs, pour une puissance installée de 20.000 kw, soit un prix de 1600 fr. par kw installé.

En Suisse, l'aménagement des forces hydrauliques du canton de Berne, comprenant en particulier les centrales de Mülheberg et Spiez, pour une puissance totale installée de 90.000 kv, a coûté 68 millions de francs suisses, soit au cours de 2,50 de cette époque 1880 fr. français.

Ces prix étrangers, même en tenant compte de la dévaluation ultérieure du franc, donneraient pour l'Italie 2.500 fr. par kw et la Suisse 3.700 fr, prix plutôt inférieurs à ceux que l'on peut obtenir actuellement. Mais la différence est faible si l'on n'oublie pas qu'il s'agit de prix au kw installé, et non pas de prix rapportés à l'unité de puissance normale disponible.

M. Gustave Mercier, dans son rapport au 3^e Congrès de la Houille Blanche, concluait, en rapportant les dépenses d'établissement à la puissance normale disponible, que le coût d'établissement par kw (avec prix 1920-1924) n'était pas descendu souvent au-dessous de 2.500 fr. comme chiffre minimum, lorsque l'usine est construite au fil de

5. 3^e Congrès de la Houille Blanche, Section économique et financière, 2^e Rapport, page 8.

l'eau, sans accumulation d'aucune sorte. Les aménagements de basses chutes à fort débit faisaient ressortir un coût d'établissement plus élevé, de 4000 fr. par kw de puissance normale disponible.

Les dépenses de régularisation varient entre 0,25 et 1 fr par mètre cube emmagasiné; l'équipement de la puissance ainsi retenue paraît correspondre dans ces conditions à une dépense moyenne de 2000 fr. par kw.

§ 4. Comment peut être chiffrée l'influence de la loi du rendement décroissant sur le coût de production.

M. Gabriel Tochon utilisant l'abondante documentation de première main que la Chambre syndicale des Forces hydrauliques peut se procurer auprès de ses adhérents, donne dans son ouvrage ⁶ un tableau comparatif des charges annuelles de différentes usines, suivant la date de leur construction, toutes les évaluations ayant été effectuées aux prix de 1931 (tableau IV).

Nous le reproduisons sans y rien changer, en le faisant suivre de quelques observations personnelles.

Indiquons tout d'abord, d'après l'auteur, comment il a été établi.

Le montant des capitaux investis a été calculé d'après la moyenne des dépenses effectivement réalisées, pour de nombreuses usines, groupées d'après d'époque de leur construction, les évaluations étant faites bien entendu en francs de l'époque correspondante. Il a été supposé uniformément que les capitaux investis avaient été constitués à raison des $\frac{2}{3}$ par voie d'obligations et de $\frac{1}{3}$ par voie d'actions.

L'intérêt et l'amortissement des emprunts (colonne 4) ont été calculés d'après le taux moyen réalisé lors de la construction, et la durée moyenne des emprunts à la même époque. Il a été tenu compte des impôts, pris en charge par l'emprunteur le cas échéant.

Mais le dividende a été calculé suivant le loyer de l'ar-

6. *Les chutes d'eau*. Paris, Alcan, p. 68.

gent en 1931, augmenté des impôts à la charge des entreprises.

La conversion des emprunts les plus onéreux a pu ramener le total de la charge financière à 266,50 pour les emprunts émis de 1919 à 1921, à 307,50 pour les emprunts émis de 1922 à 1924, et 410 fr. pour les emprunts émis de 1925 à 1927. Nous en avons tenu compte pour rectifier le total des charges annuelles dans la colonne 12, ce qui en faisant disparaître la pointe de la période d'inflation 1922-1927, redonne à la courbe des charges annuelles en fonction du temps une progression régulière.

La colonne 7 indique les frais de personnel, d'après les résultats d'une enquête effectuée en 1931 auprès de 15 Sociétés et les salaires réels pratiqués à cette époque. Mais il n'est certainement pas exact, ainsi que l'a fait M. Tochon, d'attribuer aux usines construites au début du siècle, les mêmes frais de surveillance qu'aux usines les plus récentes.

Nous avons montré dans le chapitre III, consacré à l'étude du phénomène de concentration, que la puissance moyenne par usine avait sensiblement triplé de 1900 à 1933. Or, le personnel de surveillance, pour une centrale hydraulique comportant 4 ou 5 groupes, est toujours le même quelle que soit la puissance de l'usine. Il n'est pas plus difficile d'arrêter ou de mettre en marche une turbine de 5.000 cv qu'une turbine de 500 cv, souvent même moins, car la première est ordinairement munie d'organes de commandes asservis, dont la seconde est dépourvue. Enfin, à égalité de puissance, les usines du début du siècle, édifiées le plus souvent en vue de l'utilisation électrochimique sur des circuits de petite puissance, comportaient toujours un plus grand nombre de groupes que les usines récentes. C'est ainsi que la centrale de l'Argentièrre-la-Bessée (Hautes-Alpes) mise en marche en 1910, comprenait 32 groupes de 1.750 cv. Il n'est pas d'usine de cette puissance construite après la guerre qui aurait été équipée avec une cavalerie aussi nombreuse. On conçoit sans peine que la surveillance de cette trentaine de machines, dépourvues de commande automatique au surplus, ne pouvait être confiée à 2 hommes comme c'est le cas dans les centrales modernes : 1 chef de

TABLEAU IV
CHARGES ANNUELLES PAR KILOWATT
DE PUISSANCE NORMALE DISPONIBLE

Année de construction de l'usine	Capital investi			Charges financières			Charges d'exploitation				Charges nouvelles	
	Obligations	Actions	Total	Intérêts	Dividendes	Total	Personnel	Entretien renouvellement matières consommables	Impôts	Total	Avant conversion	Après conversion
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1898-1902	267	133	400	14, 79	7, 31	22, 10	45	62	31, 17	138, 17	160, 27	160, 27
1903-1909	400	200	600	22, 84	11, 00	33, 84	45	62	31, 70	138, 70	172, 54	172, 54
1910-1914	600	300	900	38, 34	16, 50	54, 84	45	62	32, 14	139, 14	193, 14	193, 98
1915-1918	1.067	533	1.600	96, 03	29, 31	125, 34	45	62	34, 18	141, 18	266, 52	266, 52
1919-1921	2.600	1.300	3.900	247, 00	71, 50	318, 50	45	62	41, 44	148, 44	466, 94	414, 94
1922-1924	3.000	1.500	4.500	294, 00	82, 50	376, 50	54	62	43, 20	150, 20	526, 70	457, 70
1925-1927	4.000	2.000	6.000	460, 00	110, 00	570, 00	45	62	47, 60	154, 60	724, 60	564, 60
1928-1930	3.800	1.900	5.700	317, 30	104, 50	421, 80	45	62	64, 00	153, 00	574, 80	574, 80

quart sur la passerelle de commande devant les pupitres et les tableaux de distribution et 1 homme circulant dans la salle.

Nous croyons donc qu'il faut établir un rapport d'au moins 3 à 1, inversement proportionnel aux puissances moyennes, entre les frais de personnel par kilowatt des usines du début du siècle et celles de la période 1928-1929. Nous prendrons le chiffre 135 pour les premières, et conserverons le chiffre 45 pour les secondes.

Une observation analogue peut être faite à propos des frais d'entretien et de renouvellement (colonne 8). M. Tochon les suppose également constants, et les a calculés à raison de 1,5 % pour le génie civil, et 7 % pour les machines, sur des prix évalués aux cours de 1931. Or, il ne semble pas possible qu'une centrale, datant de 1900, équipée bien souvent avec un matériel démodé, dont on est obligé de faire fabriquer spécialement et à grands frais le matériel de rechange devenu hors série, ne coûte pas plus cher d'entretien qu'une centrale moderne.

Même si ces usines ont été modernisées, on s'est contenté, pour ne pas en bouleverser complètement l'équipement, de remplacer les turbines du type ancien par des turbines modernes à meilleur rendement, mais, dans la très grande majorité des cas, la puissance unitaire des groupes n'a pas été augmentée. Or, il est bien certain que le prix d'une roue de turbine de 5.000 cv, rapporté à l'unité de puissance, sera beaucoup moins élevé que le prix d'une roue de 500 cv, rapporté également à l'unité de puissance. Pour tenir compte de la plus grande complexité des services auxiliaires dont la centrale d'il y a trente ans était à peu près dépourvue, nous supposerons seulement, en l'absence de renseignements plus précis, un rapport de 2 à 1 entre les frais d'entretien et de renouvellement rapportés au kilowatt des usines du début du siècle et les frais d'entretien des usines récentes, soit respectivement 124 et 62 fr.

Ces deux observations sont importantes et devaient être faites, car elles sont de nature à corriger légèrement l'influence de la loi du rendement décroissant, qui s'exerce surtout sur les avances foncières, consacrées aux travaux hydrauliques proprement dits.

Si enfin, on quintuple les charges financières pour tenir compte de la dévaluation du franc, les charges annuelles de la période 1898-1902 deviennent :

$$160, 27 + 88, 40 + 90 + 62 = 400, 67$$

La moyenne des charges annuelles pour les usines que l'on construirait actuellement doit être de l'ordre de 590 fr. par kw de puissance normale disponible, ainsi que nous l'établirons dans le chapitre II du titre II.

La progression de 400 fr. à 590 fr. soit de l'indice 100 à l'indice 147, mesurerait donc l'influence de la loi du rendement décroissant elle-même sur le coût d'établissement. Telle serait aussi la mesure de la rente économique au sens étroit, ricardien, du mot rente, créée par les usines nouvelles en faveur des anciennes. Pour avoir la rente réelle, il faudrait tenir compte des autres sources de rente, dont nous n'avons pas à faire état, pour étudier la loi du rendement décroissant, telle que la rente de conjoncture financière, évaluée à 88 fr. pour les premières usines, la charge annuelle initiale devenant 312 fr au lieu de 400.

La progression est alors de 312 à 590, soit 100 à 190, et non pas de 1 à 4 ou 5 comme on l'écrit quelquefois un peu vite. Les charges financières subsistant encore des usines anciennes disparaîtront évidemment les premières, et leur coût de production ne comprendra plus alors que des frais d'exploitation. Mais cet allègement par le jeu de l'amortissement se fera de façon sensiblement parallèle sur toutes les usines, jusqu'à ce que, la charge financière ayant disparu partout, ce seront les usines les plus récentes, les mieux équipées, qui bénéficieront du coût de production le plus faible, lorsque ce coût sera réduit aux charges d'exploitation, par conséquent d'une rente économique, créée cette fois par les usines anciennes.

C'est pourquoi l'explication de Carey, rend mieux compte des faits dans notre matière, car nous sommes en économie hydraulique, en pleine période progressive, ce que suppose précisément Carey dans son explication de la rente du sol.

Mais si l'on suppose que l'économique hydraulique ne progresse plus, que les capitaux d'épargne investis ont été reconstitués, alors la formule ricardienne reçoit son application. Il n'y a plus alors à considérer que les coûts de pro-

duction résiduels, et la rente sera le fait du coût de production le plus élevé, sans aucun lien avec l'ordre chronologique des aménagements réalisés.

Note En ce qui concerne l'énergie thermique, M. Thaller, directeur de la Société Lyonnaise des Forces Motrices du Rhône (Jonage), dans une conférence à la Société d'Économie politique de Lyon, a pu dire, parlant des Centrales thermiques : « Avec les puissantes unités que l'on construit aujourd'hui, on arrive à un prix par cheval installé très nettement inférieur à ce qu'il était autrefois, de sorte que les centrales thermiques actuelles peuvent produire l'énergie à un prix qui n'est sans doute pas supérieur au tiers de ce qu'il était il y a trente ans ». Ainsi donc, la progression du coût de production pour l'énergie thermique serait de 100 à 150, compte tenu de la dévaluation de la monnaie. Elle a été plus élevée pour l'énergie hydraulique.

TITRE II

Les problèmes fondamentaux

CHAPITRE PREMIER

LE PROBLÈME JURIDIQUE

La nature juridique des concessions d'énergie hydraulique, telle qu'elle découle de la loi du 16 octobre 1919, a donné lieu en doctrine à d'importants travaux¹, et de nombreuses thèses y ont été consacrées.

Nous n'avons nullement l'intention de reprendre la question dans son ensemble et de confronter les diverses thèses qui ont été soutenues.

Il nous a semblé cependant qu'avant d'aborder, du point de vue économique proprement dit, le problème de la mise en valeur de notre domaine hydro-électrique, il pouvait être utile de préciser la nature juridique du droit exercé par l'Etat, lorsqu'il *concède* à une entreprise la faveur de tirer parti de la puissance vive dont l'eau des torrents est le support, et celle du droit ainsi conféré à la dite entreprise, dès lors, qu'elle *accepte* d'assurer à ses risques et périls l'équilibre des charges et des profits à retirer de l'exploitation de cette puissance vive.

Sur la scène économique, seul apparaîtra l'entrepreneur. L'Etat, prudemment se tiendra dans la coulisse. Cette attitude négative peut choquer au premier abord, quand on songe à la puissance du droit exercé par l'Etat et à l'importance des intérêts en jeu, du point de vue national. Elle est cependant d'une rigoureuse logique, et parfaitement conforme à l'esprit de la loi et à la nature juridique du

1. En particulier, ouvrages ou articles de MM. Mestre, Hauriou, Rolland, Pepy, Tochon, etc...

droit dont est investi le concessionnaire. C'est à le montrer que se bornera notre examen.

Nous essaierons ensuite, dans le titre III, d'indiquer comment, sans déroger aux principes essentiels posés par le législateur, l'intervention de l'Etat pourrait être rendue plus efficace, de façon à alléger les charges imposées au concessionnaire et ce faisant, à débarrasser l'économie hydraulique de l'extrême rigidité qui la caractérise et en entrave le développement. La mainmise de l'Etat sur l'énergie hydraulique de nos cours d'eau est, du point de vue juridique, à peu près absolue, et son abstention dans la formation des capitaux considérables nécessaires à sa mise en valeur ne l'est pas moins.

Ne demande-t-il pas trop, et le point de vue fiscal n'a-t-il pas trop exclusivement inspiré la décision du législateur ? On peut le craindre et ce pourrait être une explication des divergences qu'on peut relever entre deux textes législatifs de la même époque sur des matières identiques : la loi du 9 septembre 1919, relative aux concessions de mines, et la loi du 16 octobre 1919 relative aux concessions hydrauliques.

Dans la première, le concessionnaire reçoit le droit d'exploiter pour une durée plus longue, dans un but lucratif et non dans un but immédiat et direct d'utilité publique, un élément du patrimoine national, de disposer des produits comme il l'entend jusqu'à la fin de la concession, d'en épuiser même le gisement, sans être nullement astreint à tenir aucune réserve à la disposition des collectivités publiques.

Dans la seconde au contraire, le concessionnaire se voit d'emblée investi d'une véritable mission d'intérêt général : l'élément du patrimoine national qui lui sera concédé à l'état de richesse brute, deviendra entre ses mains une richesse réelle, inépuisable. Bien plus, il ne pourra pas exercer cette mission en toute liberté, mais il devra s'astreindre à des réserves en nature, redevances, droit de contrôle, participation aux bénéfices, etc... Il pourra enfin se la voir retirer par voie de rachat avant l'expiration de la concession.

Pourquoi une telle différence de traitement ? Le légis-

lateur de 1919 ne se serait-il pas mépris sur la faculté d'engendrer d'immédiats profits qu'il a attribués aux chutes d'eau ?

§ 1. *Innovation essentielle de la loi de 1919 : l'énergie électrique, bien spécial distinct de l'eau qui en est le support*

L'innovation essentielle de la loi de 1919 a consisté à créer un bien spécial : l'Energie électrique, distinct de l'eau qui en est le support ².

Cette difficulté de concevoir l'énergie comme un bien distinct, ne se présente pas pour ceux qui estiment que la loi nouvelle procède uniquement du droit de police de l'Etat, en tant que gérant des intérêts généraux de la Nation. M. Berthélemy, M. Durand-Dastès dans sa thèse ³, la commission extraparlamentaire et, à sa suite, M. Léon Perrier, rapporteur de la loi, ont voulu chercher le fondement de la législation nouvelle dans le seul droit de police générale que possède l'Etat de réglementer l'usage de la propriété, et voulu voir dans l'acte de concession un simple acte d'autorité, mais non pas la transmission de droits réels précédemment attribués à l'Etat.

§ 2. *La thèse de la domanialité dans l'esprit de la loi sinon dans le texte.*

D'autres auteurs, et notamment M. André Hauriou, dans sa thèse, se sont attachés à rechercher l'esprit de la loi, plutôt que celui de ses inspirateurs, et concluent que, du faisceau de droits que comportait avant 1919 le droit de riveraineté, un élément se trouve détaché. Cet élément, le droit à la force, est passé dans le patrimoine de l'Etat.

Cette idée de la domanialité, bien qu'affirmée à plusieurs reprises dans les travaux préparatoires, a cependant été laissée un peu dans l'ombre, dans le texte même de la loi. L'amendement Margaine, qui en posait nettement le prin-

2. P. Gall, *Des modifications apportées par la loi du 16 octobre 1919 aux droits des riverains des petits cours d'eau*. Thèse, Paris, 1928.

3. Durand-Dastès, *Le nouveau statut légal des forces hydrauliques françaises avec la loi de 1919*. Thèse, Toulouse, 1920.

cipe, était finalement rejeté (scrutin du 4 juin 1919) devant l'argumentation d'ordre sentimental plutôt que juridique du rapporteur de la loi devant la Chambre des Députés, M. Léon Perrier ⁴.

Mais il ne faut pas s'y tromper. Si cette notion de la domanialité n'apparaît point dans les textes, elle inspire néanmoins nombre de ses dispositions essentielles, et M. Cels, sous-secrétaire d'Etat aux Forces Hydrauliques, ne déclarait-il pas, tout en refusant de s'expliquer sur la question de la domanialité, que « la qualité de richesse nationale de la force hydraulique est établie par la loi ⁵ ». Qu'est-ce à dire, sinon que la force hydraulique des cours d'eau, richesse naturelle, reçoit de la loi sa qualité de richesse nationale et est placée par elle dans le patrimoine national. Ces paroles du représentant du Gouvernement n'autorisent-elles point, comme l'a fait M. André Hauriou dans sa thèse, à rechercher l'inspiration de la loi du 16 octobre 1919 et celle du 9 septembre 1919, dans la conception révolutionnaire du Domaine national, du Domaine éminent de la Nation ⁶.

Cette notion du Domaine national, ainsi affirmée et confondant les deux notions de souveraineté et de patrimonialité, peut se prêter à des extensions dangereuses qu'à sans doute redoutées le législateur de 1919. C'est probablement aussi pour en éviter le reproche qu'en 1921, M. André Hauriou se ralliait seulement à la notion de domanialité

4. Rolland, « L'utilisation de l'énergie hydraulique et la loi du 16 octobre 1919 », *Revue de droit public*, 1920, p. 37, et les références citées dans les travaux parlementaires : Proposition Margaine et Bedouce, 11 juillet 1916. Proposition de Castelnau, 23 décembre 1916.

5. Séance du Sénat du 8 octobre 1919, *J.O.* p. 1555.

6. Cette conception, pudiquement voilée dans la loi de 1919, devait s'affirmer par la suite ouvertement, et M. de Monzie, Ministre des Travaux Publics, dans l'exposé des motifs de son projet de loi ayant pour objet de favoriser le développement de nos forces hydrauliques, déclarait : « Les pouvoirs publics ont d'autant plus le devoir de ne rien négliger.... que ces usines étant concédées, doivent, au bout d'un certain temps, faire retour à l'Etat, et que par conséquent leur construction équivaut à un enrichissement du patrimoine national (Chambre des Députés - Séance du 27 mai 1926. Documents parlementaires, Annexe n° 2811).

Enfin, M. Antoine Borrel, dans son rapport au nom de la Commission des Mines sur le précédent projet de la loi, déclarait que, sans le dire expressément, la loi de 1919 avait « domanialisé » les chutes d'eau (Chambre des Députés, 2^e séance du 29 novembre 1926. Documents parlementaires. Annexe n° 3616).

privée, conception qu'il abandonne aujourd'hui pour adopter celle de la domanialité publique⁷

Il est bon d'ailleurs de distinguer dans cette notion complexe de la domanialité publique, pour en faciliter l'analyse deux notions plus simples :

Une première notion envisage la nature juridique des ouvrages proprement dits qui doivent être édifiés par le concessionnaire. Cette notion conduit à assimiler la concession d'énergie hydraulique à la concession de travaux publics, assimilation qui n'est plus contestée depuis le célèbre arrêt du Conseil d'Etat dans l'affaire de Sigalas (23 juin 1928). Nous laisserons de côté cet aspect un peu particulier de la notion de domanialité, pour examiner comment se comporte l'Etat, d'une part vis-à-vis de ce bien nouveau qu'est l'énergie hydraulique, nouvelle entité juridique créée par la loi, d'autre part, vis-à-vis des ouvrages construits pour son compte par le concessionnaire, qui vont permettre de capter cette énergie hydraulique et de la transformer en énergie électrique.

Nous serons ainsi amenés à ne retenir dans l'analyse de cette notion simplifiée de la domanialité, que les dispositions des textes tendant à jeter quelque clarté sur la nature de ce droit de l'Etat, à l'exclusion des dispositions d'ordre exclusivement fiscal, que nous retrouverons ultérieurement.

L'art. 10 § 6 de la loi du 16 octobre 1919, stipule que des réserves en *eau* et en *force* devront être prévues, s'il y a lieu, dans le Cahier des Charges, au profit des services publics de l'Etat, des départements, des communes, des établissements publics ou des associations syndicales autorisées. Enfin, le § 7 du même article ajoute qu'une certaine quantité d'énergie à fixer dans le Cahier des Charges devra être laissée dans les départements riverains, pour être rétrocédée par les conseils généraux, la totalité des réserves en force prévue aux § 6 et 7 ne pouvant priver l'usine de plus du quart de l'énergie dont elle dispose aux divers états du cours d'eau.

Qu'il s'agisse de l'Etat lui-même ou d'un de ses démen-

7. *Précis de droit administratif*, 12^e éd. p. 1042 note 32.

brements, où trouver le fondement de ces stipulations si ce n'est dans le droit de propriété. Il n'est pas sans intérêt de remarquer que ces stipulations font une distinction entre les réserves d'eau et de force, entre le support et ce bien nouveau, création juridique de la loi, l'énergie hydraulique. Mais qu'il s'agisse des eaux, ou de la force qu'elles recèlent en puissance, l'Etat ne se dessaisit pas complètement. Et comment concevoir qu'il puisse ainsi *concéder* une partie, se *réserver* l'autre, s'il n'est pas propriétaire du tout.

L'art. 9 procède de la même inspiration et, pour éviter toute confusion, il fait soigneusement la distinction entre les manifestations du droit de propriété de l'Etat, qu'il va stipuler, et celles relatives aux réserves en eau et force qui feront l'objet du paragraphe 6 de l'art. 10.

Cet art. 9 prévoit que le concessionnaire sera assujetti par l'acte de concession au paiement de redevances proportionnelles, soit au nombre de kilowatts-heures produits, soit aux dividendes, ou aux bénéfices répartis, ces deux redevances pouvant éventuellement se cumuler. C'est la deuxième assise du droit de propriété qui apparaît, le *jus fruendi*. L'Etat ne se contente pas d'être un nu-propriétaire, et même sur la fraction du domaine public dont il a concédé la jouissance, il veut sa part des fruits. Louable préoccupation, il prend soin de prélever une première redevance sur l'énergie produite, et s'il y a des bénéfices répartis, car il n'est pas, bien entendu, persuadé qu'il y en ait, il réclamera un surplus. En dépit du mutisme des textes, et des louables efforts du législateur pour dissimuler cette notion de la domanialité, elle apparaît ainsi à chaque instant, et il n'est point nécessaire de forcer le sens des institutions historiques pour lui trouver quelques ressemblances avec certaines formes de la propriété féodale. Les tenures roturières, qui procédaient au XIII^e siècle du « *contractus censuarius* » ou *bail à cens* donnaient lieu pareillement, de la part du preneur ou censitaire au versement entre les mains du seigneur censier de prestations périodiques en argent ou en nature. Il n'est pas jusqu'à la signification purement recognitive du cens annuel, fort minime et destiné à marquer le droit réel que le seigneur conservait sur la tenure, qui ne se retrouve dans la moderne taxe de

statistique, fort minime elle aussi (5 centimes par unité de puissance normale).

Mais l'Etat moderne est plus assujettissant. Il aime les liens plus serrés. Il demande en outre un droit de regard sur la gestion de l'entreprise, organise pour l'exercer toute une procédure minutieuse, protectrice de ses intérêts, mais vexatoire pour le concessionnaire.

Il en arrive même à exiger la communication des comptes des autres entreprises du concessionnaire, dans la mesure où elles pourraient avoir une connexité quelconque avec l'exploitation de la concession⁸. Tant de prudence, de méfiance même, ne peuvent qu'être le fait d'un propriétaire.

L'Etat ne voudrait point cependant se mettre en situation de porter atteinte au principe de la propriété privée, et il n'aime point, c'est visible, avoir affaire à des concessionnaires qui ne soient pas des sociétés anonymes. Il se sent mieux à son aise dans le cadre juridique plus large, plus souple, de la société anonyme pour y jouer son rôle d'associé.

Aussi indique-t-il très honnêtement, dans ce même article 9, que la redevance proportionnelle aux dividendes et aux bénéfices ne peut être imposée que lorsque le concessionnaire est une société régie par la loi du 24 juillet 1867, et ayant pour objet principal l'établissement et l'exploitation de l'usine hydraulique. Mais, il s'empresse d'ajouter (art. 11), pour le cas où le concessionnaire aurait le mauvais goût de vouloir échapper à ces redevances proportionnelles en conservant son individualité ou une autre forme de société de personnes, que ledit concessionnaire peut être tenu dans un délai à fixer par le Cahier des Charges, de se substituer une société anonyme.

Ce droit de contrôle financier se double d'un contrôle technique organisé par ce même art. 47 du Cahier des Charges type et qui s'exerce, non seulement par l'examen, suivi éventuellement d'approbation des plans ou projets de construction ou de réparation des ouvrages, mais aussi par toutes investigations dans les comptes d'exploitation de l'entreprise, de nature à renseigner l'Administration sur

8. Art. 47 du Cahier des Charges-type. Décret du 5 septembre 1920.

ses conditions techniques de fonctionnement : mesures de débits, de puissance, de rendements etc..., et les conditions de vente et prix de l'énergie aux divers acheteurs ou abonnés.

Le droit de police de l'Etat, le souci qu'il doit avoir d'assurer le fonctionnement des grands services publics avec la seule préoccupation de l'intérêt général, suffisent-ils à expliquer, à justifier ce droit de contrôle, sous ses aspects multiples ? Ne faut-il pas y voir également le souci du propriétaire, tout au moins du futur propriétaire, de s'assurer que les biens immobiliers qui lui reviendront un jour sont bien construits, bien entretenus, et que le concessionnaire en jouit en « bon père de famille ».

Mais la manifestation la plus caractéristique de cette mainmise de l'Etat est la stipulation de l'art. 10 § 11, de la loi suivant laquelle le Cahier des Charges doit préciser quels seront les « terrains, bâtiments, ouvrages, machines et engins de toute nature, constituant les dépendances immobilières de la concession et qui à ce titre doivent faire gratuitement retour à l'Etat en fin de concession, francs et quittes de tous privilèges, hypothèques et autres droits réels ». Quant à l'outillage et au matériel mobile, le § 12 de ce même article prescrit que seront également prévues dans le Cahier des Charges les conditions dans lesquelles l'Etat *pourra*, en fin de concession, reprendre à dire d'experts le surplus de l'outillage. Ce n'est donc pour l'Etat qu'une pure faculté, et le concessionnaire risque fort de ne se voir offrir qu'une indemnité dérisoire pour un matériel qui peut fort bien être démodé, et qu'au surplus, il aura peu de chance de pouvoir utiliser ailleurs, si l'Etat renonce à son droit de reprise.

L'Etat *peut* aussi, aux termes de l'art. 34 du Cahier des charges-type, faire exécuter à ses frais par le concessionnaire, à dater de la cinquième année précédant le terme de la concession, les travaux que ses agents auraient jugé nécessaires à la préparation et à l'aménagement de l'exploitation future. Sinon, le concessionnaire (art. 39) n'en sera pas moins tenu à l'expiration de la concession, de remettre en bon état d'entretien toutes les installations reprises par l'Etat, lequel pourra, s'il y a lieu, retenir sur

les indemnités dues au concessionnaire, les sommes nécessaires pour mettre en bon état ces installations. .

L'Etat se comporte donc vis-à-vis de l'énergie hydraulique, bien nouveau, *comme* un véritable propriétaire, puisqu'il se réserve le droit d'en user pour partie, par le jeu des réserves, au bénéfice de ses services publics, *comme* un associé enfin ayant droit de regard sur la gestion de l'entreprise, et réclamant éventuellement sa part de bénéfices. Mais c'est un associé, dont la part sociale a cette curieuse propriété d'évincer petit à petit les droits de son co-associé, le concessionnaire, au point de s'étendre en fin de concession et sans soute d'aucune sorte, à la totalité de l'actif immobilier. Tout au plus, peut-on dire que vis-à-vis des ouvrages et de toutes les dépendances immobilières de la concession, il se comporte non comme un propriétaire actuel, mais comme un propriétaire à terme, toute prorogation des droits du concessionnaire, si elle a lieu, ne pouvant d'ailleurs excéder une durée de 30 années (art. 13 de la loi et 32 du Cahier des Charges.-type).

Ce qui permettrait de croire à cet abandon momentané, essentiellement temporaire et précaire du droit de propriété de l'Etat sur les ouvrages en faveur du concessionnaire, c'est que ce dernier peut, en vertu de l'art. 52 du Cahier des Charges-type, grever d'hypothèques les droits qu'il détient du traité de concession ; c'est bien reconnaître le caractère de réalité de ces droits. Pour mieux marquer que cet abandon est un privilège, il s'accompagne de tout un ensemble de droits, taxes, redevances, qui ressemblent étrangement aux anciens droits domaniaux et autres parties casuelles dont il fallait payer les faveurs du Prince. Enfin, en dehors de ces taxes ou redevances spéciales à la matière, il est bien entendu, aux termes de l'art. 53, que « tous les impôts établis ou à établir par l'Etat, les départements ou les communes, y compris les impôts relatifs aux immeubles de la concession, seront à la charge du concessionnaire. »

L'Etat n'est cependant pas allé jusqu'au bout du système et a consenti à faire figure de propriétaire pour les inscriptions aux cotes financières de la matière cadastrale, qui effectivement sont faites au nom de l'Etat et non du con-

cessionnaire. C'est pourquoi d'ailleurs toutes les installations concédées sous le régime de la loi de 1919, n'ont pas à payer la taxe des biens de mainmorte.

Mais l'Etat est un propriétaire négligent, qui n'effectue pas les déclarations requises par la loi du 8 août 1890, art. 9, accordant à cette condition aux propriétaires de constructions nouvelles, une exemption temporaire de l'impôt foncier pendant deux années; de sorte que, dans bien des cas, c'est ... le concessionnaire qui a dû payer l'impôt. Des procès sont en cours, et l'issue peut en être attendue avec une certaine curiosité, pour fixer ce point de droit domanial.

En attendant et pour éviter le retour de semblables difficultés, une circulaire ministérielle a invité les concessionnaires à faire ces déclarations; de plus, le nouveau Cahier des Charges en fera pour les concessionnaires futurs une obligation.

Comme on le voit, la nature juridique du droit de propriété de l'Etat, ou du moins ce qu'à défaut d'un terme plus précis, on peut appeler ainsi, est assez fuyante et il en est ainsi chaque fois que, faute de précision dans les textes, l'interprétation qu'on veut donner de leur esprit est forcément quelque peu subjective. C'est pourquoi nous nous sommes contenté d'écrire, page 173, l'Etat se comporte donc, vis-à-vis de l'énergie hydraulique, *comme* un véritable propriétaire...

* * *

La nature juridique du droit exercé par le concessionnaire n'est pas moins délicate à saisir.

Il semble au premier abord qu'on puisse le classer dans la catégorie des droits réels, puisque, nous l'avons vu, il est susceptible d'hypothèque.

Mais, sans d'ailleurs qu'elle puisse entièrement effacer ce caractère de réalité, une première restriction doit être faite qui confère à ce droit le caractère d'un droit réel imparfait. Il s'agit en l'espèce de la clause de déchéance prévue par l'art. 10 § 14 de la loi et l'art. 41 du Cahier des Charges-type, aux termes desquels « si l'exploitation de

l'usine et de ses dépendances vient à être interrompue en partie ou en totalité, il pourra y être pourvu aux frais et risques du concessionnaire ». On ne peut mieux reconnaître que le concessionnaire exploite un service d'une « évidente utilité publique », puisqu'il n'est pas libre de se retirer du marché, s'il le juge bon. Et par là apparaît une profonde différence avec le bail à cens de l'ancien droit, auquel nous avons fait allusion, car le cens grevait la tenure, non le censitaire qui, à moins d'une clause expresse du bail, n'y était pas personnellement obligé. Il pouvait s'y soustraire en « déguerpissant », c'est-à-dire en vidant les lieux après avoir averti le seigneur censier, payé les cens arriérés et celui de l'année en cours ⁹.

Il semble plutôt dans notre espèce que sur un premier droit réel se soit greffé un droit de créance, qui, tels les « collegiate » du Bas-Empire, « attache » le concessionnaire à la fonction publique dont il a accepté la charge.

Enfin, autre restriction, si, à l'inverse, l'exploitation du privilège concédé s'avère trop fructueuse, le rachat guette le concessionnaire. L'art. 10, § 13, et l'art. 38 du Cahier des Charges-type prévoient en effet les conditions dans lesquelles « s'il y a lieu, peut s'exercer la faculté de rachat après l'expiration d'un délai qui ne doit pas être inférieur à cinq ans, ni supérieur à 25 ans, à compter de la date fixée pour l'achèvement des travaux, ainsi que le règlement des sommes qui seraient dues par le concessionnaire pour la mise en bon entretien des ouvrages constituant les dépendances immobilières de la concession et qui seront prélevées, le cas échéant sur l'indemnité de rachat ».

Ainsi donc, pendant un certain laps de temps tout au moins, le droit du concessionnaire apparaît comme essentiellement révocable, par voie de rachat, et pendant toute la durée de la concession par voie de déchéance.

* * *

§ 3. *La nature juridique du contrat de concession : bail d'emphytéose, la théorie du domaine divisé.*

Il semble bien difficile, dans ces conditions (tout au

9. Declareuil, *Histoire générale du droit français*, 1925, p. 266.

moins, n'y sommes-nous nous-mêmes pas parvenus) de trouver dans le droit français des obligations un moule juridique dans lequel s'adapte parfaitement le contrat de concession.

Celui qui s'y prêterait le moins mal paraît être le bail d'emphytéose.

L'emphytéose¹⁰ qui remonte aux derniers temps de l'Empire romain, s'est perpétuée dans les pays de Droit écrit, en se transformant au contact des conceptions féodales. Le droit intermédiaire n'avait laissé subsister que les emphytéoses non perpétuelles, c'est-à-dire durant au maximum 99 ans (lois des 18-19 décembre 1790, des 15 septembre, 16 octobre 1791, 9 messidor an III, 11 brumaire an VII). Le Code civil était resté muet et n'en parlait ni dans l'art. 543, relatif à l'énumération limitative des droits réels, ni dans l'art. 2118, relatif à l'énumération des biens susceptibles d'hypothèques.

La jurisprudence, sans aller jusqu'à la théorie du double domaine de l'ancien Droit français, se contenta d'en faire un *droit réel de jouissance*, analogue à l'usufruit, ce qui permettait de l'hypothéquer. Enfin, elle lui assignait comme second critérium, outre la longue durée du bail, la modicité des redevances dues par le preneur, et l'obligation d'améliorer, qui était imposée au preneur, toutes les améliorations restant acquises au bailleur sans indemnité.

La loi du 25 juin 1902, destinée au Code rural, n'a fait que consacrer le système de la jurisprudence. Il n'est pas niable que le contrat de concession qui lie le concessionnaire à l'Etat, présente ces trois caractères : longue durée, modicité des redevances, obligation d'améliorer, sauf peut-être à discuter de la modicité des redevances qui est très relative. Enfin, l'art. 6 de la loi du 25 juin 1902, dans des dispositions qui rappellent la clause de déchéance, stipule que le preneur ne peut se libérer de la redevance, ni se soustraire à l'exécution des conditions du bail emphytéotique, en délaissant le fonds, introduisant ainsi à côté du droit réel une véritable obligation personnelle à l'égard du bailleur.

10. Colin et Capitant, *Droit civil*, t. I, p. 875 et suiv.

Et même, les objections qui avaient fait écarter par la jurisprudence la théorie féodale du domaine divisé, sont ici sans portée pratique. On avait craint qu'en cas d'expropriation, on ne doive être ainsi amené à accorder deux indemnités distinctes, au bailleur et au preneur. Rien de semblable n'est à redouter ici, car d'une part, les dépendances immobilières d'une chute d'eau ne sauraient guère être susceptibles d'expropriation pour cause d'utilité publique, d'autre part, l'Etat ne saurait s'indemniser lui-même.

Cette théorie du domaine divisé offre à nos yeux l'avantage d'être plus en harmonie avec la thèse de la domanialité publique aujourd'hui admise. Elle explique parfaitement que l'on trouve dans le droit de l'Etat et le droit du concessionnaire, certains éléments du droit de propriété qui font de l'un et de l'autre, surtout du second, des droits réels imparfaits, ne s'adaptant parfaitement à aucun des démembrements du droit de propriété.

La conception plus étroite du bail d'emphytéose, tel que l'a voulu la jurisprudence, se concilie avec le texte de la loi, puisque cette loi a pris soin précisément de laisser dans l'ombre la notion de domanialité publique. Elle explique parfaitement l'attitude négative de l'Etat qui, en qualité de bailleur, peut se contenter de percevoir les redevances et de recueillir, en fin de bail, les améliorations qu'aura édifiées le preneur sur le fonds concédé.

Mais la théorie plus large du domaine divisé fait apparaître l'Etat et le concessionnaire, l'un et l'autre comme deux propriétaires, le premier retenant le domaine éminent, en temps que gardien de l'intérêt public, le second, possesseur effectif, investi du domaine utile et chargé comme tel sous certaines conditions, d'améliorer le fonds, de percevoir les fruits.

Plus féconde que la conception un peu étriquée de la loi, trop uniquement inspirée par des préoccupations d'ordre fiscal, cette théorie ainsi comprise peut inciter à rechercher comment l'Etat, sans sortir de son domaine propre, doit pouvoir, s'il est conscient de sa qualité de propriétaire éminent, apporter au concessionnaire de chutes d'eau une aide plus soutenue, plus confiante, plus hardie parfois, à

coup sûr, plus compréhensive des véritables intérêts économiques de la Nation.

§ 4 *Les effets accélérateurs et modérateur de la loi de 1919.*

Il nous reste à examiner si, telle qu'elle est, la loi du 16 octobre 1919 a eu, sur l'aménagement des chutes d'eau, un effet accélérateur ou, au contraire, un effet retardateur ainsi que certains auteurs l'ont prétendu.

M. André Hauriou notamment avait soutenu, dans sa thèse que les conséquences de la mainmise de l'Etat, dont il venait de montrer avec pertinence toutes les manifestations étaient néfastes au développement même de l'énergie hydraulique. M. Hauriou a été amené, dans la suite, à réviser cette opinion et il écrit, dans le *Précis de Droit administratif* de M. le Doyen Hauriou, dont il a revu et mis à jour la douzième édition : « Le régime établi par la loi de 1919 semble donc, malgré d'assez nombreuses imperfections qui n'ont pu être que partiellement corrigées par les règlements d'administration publique, devoir permettre une exploitation rationnelle de nos richesses hydrauliques (p., 1048) ».

A l'époque où il écrivit sa thèse, en 1921, le mécanisme de la loi, insuffisamment mis en forme par les textes réglementaires (le Cahier des Charges-type entre autres a vu le jour par le Décret du 5 septembre 1920) n'avait peut être pas encore eu le temps de donner son plein effet.

D'autre part, l'industrie française était aux prises avec la première crise économique d'après-guerre. Un été d'une sécheresse exceptionnelle avait complètement dérouté les prévisions hydrauliques et jeté le désarroi dans les industries de houille blanche. Bref, ces industries cherchaient leur voie et, ainsi que nous l'avons montré dans le chapitre II du titre I, c'est après une progression lente et mesurée qu'elles allaient aborder la période de 1926-1929, qui, en leur montrant aussi bien dans le domaine de la distribution que dans celui des utilisations électrochimiques, l'importance jusqu'alors insoupçonnée des besoins à satisfaire, allait voir se brusquer la cadence des aménagements.

Nous donnons dans le tableau ci-après d'après la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques. :

1° le nombre des demandes de concessions parvenues au ministère des Travaux Publics depuis 1922 ;

2° le nombre de demandes ayant fait l'objet, après enquête, d'un avis favorable à l'envoi au Conseil d'Etat, en vue de l'octroi de la concession avec, en regard, la puissance normale disponible correspondante ;

3° le nombre de décrets de concession parus au *Journal Officiel*, avec, en regard, la puissance normale disponible correspondant à l'ensemble des concessions accordées.

	Demandes de concessions enregistrées au ministère	Avis d'envoi au Conseil d'Etat		Concessions accordées	
		Nombre	Puissance normale dispon. kw	Nombre	Puissance normale disponible kw
1922	27	13	113.920	7	43.445
1923	50	13	40.415	9	49.548
1924	29	26	55.062	5	13.577
1925	27	16	141.140	14	77.935
1926	16	14	88.491	16	103.735
1927	32	15	56.041	19	165.612
1928	30	22	158.265	12	75.624
1929	44	20	99.666	24	125.585
1930	81	23	131.275	21	114.070
1931	51	14	163.746	15	47.945
1932	17	15	84.165	12	98.448
1933	14	7	20.310	5	30.135
	418	188	1.152.496	159	945.629

Ce tableau montre que plus des 2/3 des demandes de concessions ou bien ne sont pas retenues pour être mises à l'enquête, ou bien n'ont pas été après enquête suivies d'un avis favorable d'envoi au Conseil d'Etat. Un nombre beaucoup plus restreint de ces demandes échoue, provisoirement tout au moins, devant le Conseil d'Etat.

Les statistiques ne donnent pas les motifs habituels de ces refus, mais tout porte à croire qu'en vertu des dispositions même de la loi, il s'agit de projets insuffisamment étudiés, ou de projets fragmentaires « écrémant » les sections de cours d'eau les plus favorables et dont la réalisation empêcherait un aménagement rationnel du cours d'eau tout entier, ou encore de projets émanant de demandeurs en concession ne présentant pas de garanties

suffisantes. Mais, en l'absence d'une documentation mieux informée, il n'est nullement permis de conclure que cette discrimination, qui numériquement paraît rigoureuse, puisse être considérée comme un effet retardateur de la loi.

Antérieurement à l'année 1922, 15 concessions avaient été déjà accordées, dont 8 même antérieures à 1920 sur des rivières domaniales. Le total arrêté à l'année 1933, est donc de 174 correspondant à une puissance normale disponible de 1.106.175 kw. Or, du 1^{er} janvier 1919 au 1^{er} janvier 1934 794.590 kw seulement ont été effectivement aménagés et mis en service. La différence, 312.000 kw environ, est de beaucoup supérieure aux aménagements encore en cours au 1^{er} janvier 1934 et une partie de cette différence correspond à des travaux abandonnés.

En résumé la loi de 1919 semble avoir joué dans cette première période de son application, un rôle modérateur, salubre, dont les entreprises hydro-électriques elles-mêmes ne peuvent que se réjouir dans la période actuelle.

Mais la loi de 1919 a eu surtout un effet accélérateur des plus marqués, en mettant fin au commerce fructueux des « barreaux de chute » dont les exigences pouvaient tenir en échec pendant des années l'équipement d'une chute, aucune disposition législative, aucune procédure ne pouvant, antérieurement à cette loi, obliger un propriétaire à céder ses droits de riveraineté.

La loi de 1919 est venue y mettre un terme, en organisant une procédure de purge de ces droits de riveraineté, peut être un peu sommaire, mais à coup sûr extrêmement rapide. Le droit à la force de l'eau du riverain est transformé en droit éventuel à indemnité, fixée par l'acte de concession, ou de gré à gré s'il s'agit d'une entreprise autorisée.

Enfin, aux termes de l'art. 4, le concessionnaire, sur simple autorisation par arrêté préfectoral, bénéficie pour l'exécution des travaux définis au Cahier des Charges :

1^o du droit d'occupation immédiate et définitive dans l'intérieur du périmètre de la concession et sous réserve d'indemnité, des propriétés privées nécessaires à l'établissement des ouvrages ;

2° du droit de submersion des berges par le relèvement du plan d'eau ;

3° du droit d'occupation temporaire et du droit d'extraction des matériaux en tous terrains, s'il s'agit d'une usine de plus de 10.000 kw.

L'utilité publique peut aussi être déclarée, si l'intérêt économique de la Nation le justifie, soit dans l'acte de concession, soit postérieurement par décret en Conseil d'Etat, pour certains travaux seulement. Dans ce cas, l'entrepreneur peut recourir à la procédure d'expropriation dans tous les cas autres que ceux prévus par l'art. 4 où l'occupation définitive sera nécessaire.

Il résulte de ces dispositions un gain de temps et d'argent très appréciable, qui, en toute justice, doit être inscrit à l'actif de la loi.

CHAPITRE II

LE PROBLEME FINANCIER

Nous nous proposons, dans une première section de ce chapitre, de décrire le mécanisme de l'opération financière que constitue l'aménagement d'une chute d'eau, étude qui nous amènera à rechercher d'abord le mode de formation du coût de production, puis ensuite les conditions d'équilibre de l'opération financière réalisée ou envisagée.

Dans une deuxième section, nous examinerons les différentes formes d'aide financière que l'Etat, en vertu des lois en vigueur, est en mesure d'apporter aux entreprises, aussi bien dans le domaine de l'utilisation que dans celui de la production.

Section I

Le mécanisme de l'opération financière.

Si, dans le domaine de l'utilisation, dans tous ses rapports avec les usagers, l'entrepreneur doit se soumettre, pour les conditions de fourniture et la fixation des prix, à une réglementation minutieuse, par contre dans le domaine de la production, règne le système de la plus complète liberté.

L'Etat, en temps que propriétaire éminent, exercera un droit de regard sur la construction, puis ensuite l'entretien et l'exploitation des ouvrages. Il veillera à ce que les travaux d'aménagement exécutés par les différents con-

cessionnaires ne compromettent pas l'aménagement rationnel de l'ensemble de nos forces hydrauliques, mais pour ce qui concerne la formation des capitaux d'épargne destinés à l'édification de ce qui va être virtuellement son domaine, il en laissera, en principe, à l'entrepreneur toute la charge. Libre au concessionnaire de profiter du crédit dont il peut disposer pour réunir les capitaux nécessaires et d'assurer leur rémunération et leur amortissement, comme il l'entendra.

Ce n'est pas le seul système qui se puisse concevoir et dans certains pays étrangers dont on vante le rapide développement des forces hydrauliques, le système français de l'apport libre des capitaux, en quête d'emploi, est remplacé par le système de la formation d'office par le moyen de l'impôt.

Le problème qui se pose pour l'entrepreneur est simplement de savoir s'il a intérêt ou non à immobiliser un capital C , au taux r , pour équiper une chute de puissance P , tous problèmes techniques étant, bien entendu, supposés résolus. Fera-t-il une bonne ou une mauvaise affaire ?

Dans le système ancien des marchés locaux, que nous avons étudié dans le chapitre III du titre I, page 85, une telle décision était toujours précédée d'un accord à peu près définitif, avec un distributeur qui s'engageait à consommer une certaine quantité d'énergie à un prix déterminé. Très souvent même, le producteur était son propre utilisateur. Dans tous les cas, la décision à prendre avait un fondement relativement ferme.

Le financement des nouvelles tranches de puissance aménagées allait de soi. Les vieilles Sociétés d'avant-guerre (Energie Electrique du Littoral méditerranéen, Force et Lumière), disposaient, pour partie, de leurs bénéfices d'exploitation, pour partie, du crédit des banques locales. D'autre part, les nouveaux équipements se faisant toujours sous la pression de la consommation, l'opération financière s'équilibrait plus sûrement. Pendant la période de construction, les centrales thermiques assuraient momentanément le service des nouveaux besoins à satisfaire, jusqu'à ce que les aménagements hydrauliques étant prêts, elles puissent être de nouveau réduites à leur rôle d'appoint.

Le placement de la nouvelle tranche de puissance était donc assuré.

Mais à cette multitude de petits marchés locaux, progressivement élargis, agglutinés, tend à se substituer de plus en plus, un marché unique de l'électricité et, d'ici quelques années, il est probable que le marché de l'électricité ne diffèrera plus guère de celui du blé ou du vin. On placera ou on essaiera de « placer » sur le marché la production des nouvelles usines, tout comme on essaie de placer, au cours, la production d'un nouveau vignoble.

Ainsi se complète cette analogie que nous avons déjà eu l'occasion de signaler, entre l'économie hydraulique et l'économie agricole, dont la première acquiert de plus en plus, et à un degré plus marqué peut-être, la rigidité, et le même degré d'incertitude quant aux conditions de production et de vente. Une différence subsiste, et c'est fort heureux pour l'Etat qui ainsi n'a pas à les secourir, c'est que les industries de houille blanche n'ont rien à stocker et pour elles, il ne saurait être question de « reports ». Leurs « invendus » s'en vont au fil de l'eau.

Les deux termes, dont il s'agit de réaliser l'équilibre pour que l'opération financière envisagée soit au moins correcte sont, pour une intallation donnée :

a) le montant total des avances annuelles que le concessionnaire doit effectuer pour servir un intérêt à ses prêteurs, leur rembourser leurs capitaux, amortir les parts de ses coassociés, payer les salaires de son personnel et ses frais d'entretien ou frais généraux, assurer le renouvellement du matériel, payer les taxes et redevances de toute nature dont l'Etat ne manque pas de frapper son activité.

b) Le montant total des annuités qu'il aura à percevoir des consommateurs d'énergie et très subsidiairement, comme on dirait au Palais, le montant des subventions que l'Etat lui aura peut-être accordées.

Le premier terme est connu d'avance et n'est à peu près plus susceptible de varier quoiqu'il arrive, avant l'expiration de la période d'amortissement prévue, à moins qu'une amélioration du loyer de l'argent ne permette au concessionnaire, s'il s'en est réservé la faculté, de procéder à un remboursement anticipé de ses emprunts ; mais la partie

réellement compressible de ce terme et susceptible de varier en même temps que le niveau général des prix est insignifiante.

Le second terme est un produit de deux facteurs : le prix de vente de l'énergie, fixé contractuellement et dont les variations sont très minutieusement réglementées, et la quantité d'énergie vendue, que l'on ne peut connaître à l'avance. Quand nous étudierons, dans le chapitre suivant, le problème économique et avec lui les lois du prix de vente, nous verrons la raison de cette fixité relative du prix de vente. Quoiqu'il en soit, on conçoit que le produit du premier facteur à peu près fixe par un second facteur essentiellement variable, puisse ne pas conduire à l'équilibre recherché.

L'analyse du premier terme va nous permettre d'étudier le mode de formation du coût de production, celle du second les conditions de réalisation de l'équilibre désiré.

§ 1. *Mode de formation du coût de production.*

Nous avons indiqué, dans le chapitre IV du titre I, la loi générale qui préside à la formation du coût de production de l'énergie hydro-électrique et qui, concurremment avec les lois de formation du prix de vente, fixe sa physionomie économique. Il nous reste à rechercher les différentes couches dont se compose ce coût de production, recherche à laquelle aura dû nécessairement procéder l'entrepreneur avant d'engager l'opération financière.

Une remarque préalable doit être faite pour bien préciser le caractère d'annualité des charges qu'a à envisager l'entrepreneur. Il ne peut s'agir pour lui, d'avances foncières ou primitives comme en économie agricole, avances qui en tout état de cause lui resteraient acquises, puisque le fonds qu'il va mettre en valeur ne lui appartient pas en propre et qu'il n'en est qu'un possesseur précaire. Les capitaux qu'il incorpore dans le fonds constituent une véritable avance à l'Etat, seul propriétaire véritable, et cette avance initiale une fois faite, ses charges se réduisent à des charges strictement annuelles que l'on peut grouper sous deux rubriques principales :

a) Charges financières ;

b) Charges d'exploitation,

chacune de ces catégories comportant, au point de vue fiscal, des impôts et redevances particuliers.

a) *Charges financières*. — Elles comprennent dans l'hypothèse où l'entrepreneur s'est procuré les capitaux à investir par voie d'emprunt :

1° l'intérêt net versé au bailleur de fonds, déduction faite de la taxe de transmission qui reste à sa charge et que nous rangerons dans les charges fiscales.

2° l'annuité d'amortissement des emprunts contractés.

3° Les charges fiscales proprement dites relatives à l'existence même des capitaux investis (impôt sur le revenu des valeurs mobilières, fixé à 18 % du montant du coupon depuis la loi du 29 juin 1934 portant réforme fiscale, la taxe de transmission, qui reste fixée à 0,3 % du cours moyen des titres, et le droit de timbre par abonnement, égal à 0,125 % de la valeur nominale du titre¹, mais non compris les droits d'apport ou autres impôts relatifs à la vie externe de la société et que nous supposerons incorporés aux frais de constitution de la société elle-même.

4° L'annuité d'amortissement des installations devant faire retour gratuitement à l'Etat à l'expiration de la concession, en vertu de la loi du 16 octobre 1919. La période d'amortissement étant de 75 ans, cette annuité d'amortissement sera calculée à raison de 0,2 % des 2/3 des capitaux investis, cette proportion correspondant approximativement à celle des investissements immobiliers qui sont seuls en question.

5° Les charges fiscales correspondant aux frais d'exploitation que l'on a coutume de ranger dans les charges financières pour ne pas diviser le bloc des charges fiscales. Elles comprennent tous les impôts généraux qui grèvent directement l'activité de l'entreprise suivant les dispositions fiscales communes à toutes les entreprises [impôt foncier, patente, taxe sur le chiffre d'affaires (producteurs seulement) taxe vicinale, taxe au profit des chambre de commerce, taxe d'apprentissage, etc...] et les redevances de

1. Art. 19 de la loi du 23 décembre 1933.

nature spéciale imposée aux entreprises de forces hydrauliques, d'après la loi de 1919 (taxe de statistique, redevance fixe sur la puissance pour les cours d'eau domaniaux, et redevance proportionnelle sur la production de l'usine, frais de contrôle, redevance pour prise d'eau et redevances diverses pour droits de passage). Une étude détaillée de ces taxes et redevances nous entraînerait trop loin et ne ferait que montrer l'extrême diversité des taux appliqués d'une entreprise à l'autre². D'après les relevés effectués sur de nombreuses entreprises choisies parmi les plus représentatives, on peut admettre que l'ensemble des charges fiscales reprises à l'alinéa 5, s'élève en moyenne à 45 fr. par kw de puissance normale disponible.

Arrêtons-nous quelques instants sur ce premier groupe de charges financières pour en montrer la fixité, tout au moins l'indépendance à peu près absolue vis-à-vis des résultats de l'exploitation, et étudier le mécanisme de certaines d'entre elles.

Les charges afférentes aux capitaux investis, alinéas 1, 2 et 3, suivent le sort de ces capitaux et varient suivant le rythme de leur remboursement.

L'annuité d'amortissement relative aux installations immobilières devant revenir à l'Etat dure autant que la concession.

Parmi les charges fiscales grévant les frais d'exploitation, la plupart ne dépendent pas ou dépendent très indirectement des résultats de l'exploitation. Ce sont : l'impôt foncier, les patentes, la taxe de statistique, la redevance fixe sur la puissance de l'usine, diverses taxes ou redevances. D'autres au contraire varient suivant les résultats de l'exploitation et sont donc compressibles. Ce sont : la taxe sur le chiffre d'affaires, la redevance proportionnelle à la production de l'usine. C'est pourquoi nous n'avons pas fait intervenir l'impôt cédulaire sur les bénéfices industriels et commerciaux, qui n'entre en jeu que s'il y a suréquilibre, c'est-à-dire une répartition bénéficiaire.

La redevance proportionnelle mérite une mention spé-

2. M. Thierry, *Les charges fiscales qui pèsent sur les sociétés ou particuliers, concessionnaires d'une chute d'eau ou d'une ligne de transport à haute tension*, 3^e Congrès de la Houille Blanche, Section administrative, 2^e rapport.

ciale. Elle est calculée sur la production annuelle d'énergie de l'usine suivant une formule de la forme :

$$R = aN_1 + bN_2$$

N_1 correspond à peu près à 40 à 50 % de la production normale, N_2 étant le surplus réellement produit ; b est pris égal à $\frac{a}{2}$ mais a varie de 0,64 centime à 0,07, lorsque le capital investi par unité de puissance passe de 5.000 à 2.500 ³. Nous donnerons un peu plus loin une application numérique.

b) *Charges d'exploitation.* — Ce sont :

1° les frais d'entretien, de matières consommables et de renouvellement du matériel que nous calculerons à raison de 1 % de la valeur d'investissement, pour les travaux de génie civil (2/3) et de 6 % pour le matériel mobile (1/3).

2° les appointements, salaires, frais d'assurances diverses et frais généraux sociaux, que nous évaluons à une moyenne de 50 fr. par kw an, chiffre susceptible de varier dans d'assez grandes limites, suivant la puissance des installations, la perfection de l'organisation intérieure et l'importance relative des frais généraux sociaux.

Pour préciser à l'aide d'un exemple numérique, nous prendrons le cas d'une entreprise existante désirant équiper une nouvelle chute et émettant, pour se procurer les capitaux nécessaires, un emprunt sous forme d'obligations trentenaires au porteur de 1.000 fr. de valeur nominale, type 5 %, taux d'émission 950 fr.

Nous calculerons d'abord les diverses charges annuelles qu'aura à supporter chaque titre émis :

Intérêt net versé au bailleur de fonds	47, 45
Impôt sur le revenu des valeurs mobilières 18 %	9,
Droit de timbre : 0, 125 %	1, 25
Taxe de transmission : 0,3 % sur un cours moyen supposé égal à 850 fr.	2, 55
Amortissement des titres : 1,5 %	15,

75, 25

Si nous supposons que l'entrepreneur a reçu de son ban-

quier une somme de 920 fr. nette par titre, le coût réel de l'emprunt est de 8,2 %. C'est ce rapport que nous utiliserons pour évaluer les charges annuelles de chaque unité de puissance, ce que nous ferons en supposant que le coût de premier établissement par kw de puissance normale disponible peut varier entre 3.500 et 5.500 fr., limites admises actuellement. Ceci veut dire qu'au-delà de 5.500 fr. on n'équipe pas et que, d'autre part, il n'est guère possible actuellement de trouver des chutes qui se présentent dans des conditions assez favorables pour que le prix par kw en revienne à moins de 3.500 fr.

La charge annuelle totale par unité de puissance s'évalue dès lors comme suit :

	kw = 3.500	kw = 5.500
	% C	% C
I. Part du capital		
a) Intérêt net versé au bailleur de fonds	181	282
b) Prime de remboursement	57	90
II. Part de l'Etat		
a) Amortissement	5	7
b) Charges fiscales sur le capital investi	49	77
c) Charges fiscales sur les frais d'exploitation	45	45
III. Charges d'exploitation		
a) Frais d'entretien et de renouvellement	95	145
b) Appointements, salaires et frais généraux	50	50
	482 13, 8	696 12, 6

La partie compressible des charges fiscales d'exploitation, c'est-à-dire qui disparaît en cas de non production, ne dépasse pas 15 fr. par kw (chiffre d'affaires et taxe proportionnelle).

Les frais d'entretien et de renouvellement peuvent être réduits et différés lors des exercices difficiles pour une moitié soit 45 fr. Les appointements et salaires sont pratiquement constants (sauf une variation de leur taux bien entendu) le personnel étant toujours le même quelle que soit la marche de l'usine. Les compressions de frais généraux ne sont pas impossibles, mais d'un rendement souvent incertain.

La partie compressible du coût de production paraît donc être de l'ordre de 60 fr. dans le premier cas, 90 fr. dans le second cas, soit 12 à 13 % du coût total. C'est fort peu.

Le reste est rigoureusement incompressible et coûte bue coûte, doit être récupéré annuellement.

A l'inverse, si l'équilibre est plus que parfait, si l'entrepreneur fait plus que retrouver sa mise, autrement dit, dès qu'il y a une répartition bénéficiaire, entrent en jeu de nouvelles charges fiscales.

En premier lieu, l'impôt cédulaire sur les bénéfices industriels et commerciaux. Enfin, la taxe proportionnelle à la production qui, pendant les dix premières années, est assez inoffensive, devient, à partir de la onzième, beaucoup plus exigeante.

Dans l'exemple numérique qui précède, elle est, pour un kw travaillant 8.000 h., de 3,60 si le coût d'établissement a été de 3.500 fr. et de 2,40 si le coût a été de 5.500 fr.

Mais, au cours de la onzième année, prescrit la circulaire du 16 octobre 1922, « le taux de la redevance doit être révisé de manière que la somme perçue par le Trésor, au cours des années suivantes, soit proportionnelle aux dividendes des bénéfices répartis ».

« L'Etat prélèvera tantôt un pourcentage fixe du solde du compte de partage des bénéfices (art. 45 et 46 *ter* du Cahier des Charges-type), tantôt un pourcentage croissant avec l'importance du superbénéfice par rapport au capital-actions (art. 45 *bis*). Dans le premier cas, la part de l'Etat sera, en général, de 10 % de la moyenne des soldes du compte de partage des bénéfices au cours des années précédant la révision. Dans le second cas (art. 45 *bis*), les taux seront ceux de 10 % pour le premier palier, 25 % pour le second et 50 % pour le troisième ».

Le contrôle de ces prélèvements fait l'objet d'une comptabilité fiscale entièrement distincte de la comptabilité sociale dont la circulaire précitée règle tous les détails d'organisation.

Il s'agit donc bien d'une véritable participation aux bénéfices sociaux, en dehors de toute participation à la formation du capital. Comment l'expliquer si ce n'est en vertu du droit de propriété éminente que s'adjuge l'Etat ? L'Etat ne se contente point d'ailleurs d'une éventuelle participation aux bénéfices.

Dans le détail du coût de production que nous avons donné ci-dessus, la part totale revenant à l'Etat représente

20 % de ce coût dans le cas des meilleures chutes et 18 % dans le cas des chutes les plus coûteuses.

Si maintenant on compare ce coût de production ou total des charges annuelles, au capital investi par unité de puissance, on constate qu'il en représente une fraction égale à 13,8 % dans le cas de chutes à 3.500 fr. le kw, et 12,6 % dans le cas de chutes à 5.500 le kw, les charges d'exploitation proprement dites intervenant pour 4,1 % dans le premier cas, 3,5 % dans le second, soit respectivement 30 % et 28 % de ce coût.

Une variation même importante du loyer de l'argent, toutes autres choses égales d'ailleurs quant au taux d'émission des titres, et de plus n'ayant pas le temps d'exercer aucune répercussion sur les prix et les charges fiscales, est partiellement compensée dans le cas d'emprunts obligataires amortissables par une variation de sens inverse de la prime de remboursement du capital et finalement se traduit par une variation du même nombre de points du pourcentage global du capital investi, absorbé par les charges annuelles.

Tous calculs faits, on peut établir la comparaison ci-dessous :

Taux nominal kw = 3.500 fr. % C kw = 5.500 fr. % C
des emprunts

3 %	412 fr.	11.8	580 fr.	10.5
5 %	482 —	13.8	696 —	12.6
7 %	551 —	15.7	800 —	14.5

On voit que pour des coûts d'établissement extrêmes, variant de 3.500 fr. à 5.500 fr. le kw, et des conditions monétaires également extrêmes de 3 % à 7 %, mais sans variation générale des prix et des charges fiscales, le coût de production ou total des charges annuelles de l'unité de puissance varie de 10 à 15 % du capital investi, avec un gain de 1,2 % lorsque le capital varie de 3.500 à 5.500 fr. pour de mêmes conditions monétaires.

C'est bien dans ces limites que se situent les appréciations des différents auteurs.

Pour M. de Boysson ⁴ ingénieur sous-directeur au Chemin

4. Chiffres cités par M. Chopin de la Bruyère, *L'industrie hydro-électrique en France*, Thèse, Paris, 1922.

de fer de Paris à Orléans, il faut compter 5 % du capital engagé pour les frais généraux et la main-d'œuvre, 8 % pour l'amortissement et la rémunération du capital, soit un total de 13 %, mais une répartition légèrement différente de celle à laquelle nous aboutissons.

M. Gustave Mercier⁵, ne parlant que des charges annuelles pour le service des capitaux, estimait à près de 12 millions, ce qu'il y avait à prévoir pour l'usine d'Eguzon, soit 14 % du capital investi.

M. Micanel⁶ attribue à M. Louis Marlio l'opinion suivante, qui, autant qu'il nous en souvienne, est à peu de chose près celle que M. Marlio soutenait dans son discours à la séance inaugurale du 3^e Congrès de la Houille Blanche en 1925 :

« A tout prendre, le ralentissement dans l'équipement des chutes d'eau en France tient à 2 causes essentielles :

D'abord, la hausse du loyer de l'argent. Il faut savoir en effet que le prix de revient de l'énergie hydro-électrique se compose pour 95 % de charges financières et pour 5 % seulement de frais d'exploitation. Or, l'argent à long terme qui coûtait 5 % avant la guerre, coûte actuellement 14 % à l'emprunteur. Le prix des travaux étant multiplié par 6 ou 7, et les meilleures chutes ayant été aménagées avant la guerre, on peut compter qu'une chute d'aujourd'hui coûte 20 à 30 fois plus cher que celles que l'on équipait en 1913.

L'autre cause du ralentissement dont nous souffrons est l'impossibilité où se trouve le producteur d'énergie de vendre ses kilo'watts, à un prix correspondant à l'accroissement de ces charges en raison du tarif maximum qui lui est imposé par le jeu des index ».

En dépit des conditions monétaires évidemment sévères de cette époque, l'appréciation de M. Marlio concernant l'augmentation du prix d'équipement des chutes nous semble devoir être corrigée. De tels écarts ont peut-être été réalisés, mais ils ne permettent pas de comparer les deux périodes. Par contre, M. Marlio, en parlant de la

5. 3^e Congrès de la Houille Blanche, Section économique et financière, 2^e rapport, p. 9.

6. Annuaire de la France Économique, *Rev. Econ. Polit.* 1927.

deuxième cause qu'il attribue au ralentissement observé à cette époque dans l'équipement de nos chutes, donne une explication très claire et croyons-nous très exacte des difficultés qu'a à vaincre l'entrepreneur lorsqu'il veut équilibrer l'opération financière engagée. Nous aurons à y revenir bientôt.

M. Tochon, après l'étude qu'il y consacre⁷ trouve que le coefficient d'accroissement qu'ont à subir les usines de la période d'inflation, par rapport aux usines d'avant-guerre, est de 7,5 à 8,5 et évalue la moyenne de leurs charges annuelles à 600 fr. par kw. Enfin, il indique que dans les usines les plus récentes⁸, les dépenses d'exploitation, y compris leurs charges fiscales, absorbent 26,6 % du total des charges annuelles évaluées à 574,80 pour la période 1928-1930, soit 10 % du capital investi, évalué pour cette même période à 5.700 fr. par kw.

La proportion des charges annuelles au capital investi que nous obtenons est sentiblement la même, mais la proportion de ces charges, absorbée par les frais d'exploitation et les charges fiscales afférentes atteint dans notre répartition 35 à 40 %. M. Arbelot⁹ et M. Gustave Mercier¹⁰ indiquent que, dans les frais annuels d'une exploitation hydraulique, la charge du capital atteint 70 % de l'annuité totale.

M. Maroger¹¹ donne des chiffres très voisins des nôtres :

12 % du capital investi pour les charges financières,

3 % du capital investi pour les frais d'exploitation.

Le total est bien encore de 15 %, 20 % de ce total étant consacrés aux frais d'exploitation proprement dits sans leurs charges fiscales. Mais nous n'obtenons pas le rapport de 5 % à 95 % qu'indiquait M. Marlio. Pour qu'une telle proportion fut réalisée, il faudrait que fussent réunis à la

7. *Les chutes d'eau*, p. 69

8. *Les chutes d'eau* p. 67.

9. *Les conditions de concurrence entre l'énergie hydraulique et l'énergie thermique*, 3^e Congrès de la Houille Blanche. Section économique, 4^e rapport p. 15.

10. *Quelques indications sur le prix de revient de l'énergie électrique de provenance hydraulique*, 3^e Congrès de la Houille Blanche, Section économique 2^e rapport, p. 19.

11. *Les entreprises de houille blanche et le crédit*, 3^e Congrès de la Houille Blanche, Section économique, 3^e rapport, p. 23.

fois des conditions monétaires très sévères et un niveau général des prix très bas, conditions qui sont rarement réalisées dans les nations en période progressive, où il y a abondance de capitaux et où, suivant Adam Smith, l'antagonisme profit-salaires tend à jouer dans le sens de la hausse des salaires et de la baisse des profits.

Avant d'en terminer avec le coût de production, il est intéressant de se demander ce qu'il va devenir à l'expiration de la période d'amortissement des emprunts qui ont été contractés pour équiper la chute. Doivent disparaître des charges annuelles toute la part du capital (Voir ci-dessus le tableau p. 190) et les charges fiscales correspondantes, soit dans les deux exemples que nous avons choisis :

$$\frac{292}{482} = 60 \% \text{ pour les chutes à } 3.500 \text{ le kw}$$

$$\frac{456}{696} = 65 \% \text{ — — — } 5.500 \text{ —}$$

La cadence de cette déflation du coût de production dépendra évidemment des modalités de remboursement fixées dans le contrat d'emprunt. Si ce remboursement est effectif, et n'est pas remplacé par une simple conversion, le coût de production se stabilisera au voisinage de 35 à 40 % de sa valeur initiale, jusqu'à la fin de la concession.

§ 2. Réalisation de l'équilibre financier

La réalisation de cet équilibre sera plus particulièrement difficile pendant les premières années, au cours desquelles les charges financières resteront constantes.

Au cours de cette période critique, l'entrepreneur n'aura d'autres ressources, s'il est en difficulté que de jouer sur la partie compressible des charges annuelles qui, malheureusement, n'en représente qu'une fraction égale à 12 ou 13 %.

Enfin, éventuellement, le capital-actions devra savoir se contenter d'un dividende réduit ou se passer de dividende. Cette absence de rémunération aura pour contre-partie la distribution de dividendes supplémentaires dans la période suivante, où le capital-obligations disparaissant

par le jeu des amortissements, l'entreprise réalisera un suréquilibre. Ainsi que nous l'avons vu, en étudiant la structure financière des entreprises hydro-électriques, le capital-actions est très souvent notablement inférieur au capital-obligations. (Voir chapitre III, titre I, p. 94 et suivantes).

Ces palliatifs étant épuisés, le problème à résoudre coûte que coûte, consistera à ajuster la valeur d'échange de l'énergie vendue, $Q \times r$, avec la valeur connue, et pratiquement incompressible des charges annuelles.

L'entrepreneur peut-il agir sur Q , quantité d'énergie vendue ; peut-il agir sur r , prix de l'unité d'énergie vendue, pour obtenir de leur produit la valeur d'équilibre recherchée et si possible, dépasser cet équilibre ?

a) Les moyens d'action dont dispose l'entrepreneur pour agir sur r sont assez limités et, de plus, leur application n'est pas exempte de tout danger.

Derrière la façade du tarif maximum que l'Etat impose aux distributeurs comme à tout service public, la loi de l'offre et de la demande joue impérieusement.

Nous devons nous borner dans ce chapitre à quelques indications très générales sur ce point. La formation des prix de vente de l'énergie électrique est un problème purement économique que nous étudierons dans le chapitre suivant. La formation du coût de production est au contraire un problème presque exclusivement financier et si nous faisons avec soin cette distinction, c'est que précisément elle n'a pas toujours été faite lorsqu'elle aurait dû l'être, et que trop souvent, le point de vue purement économique a été négligé, jugé sans importance, pour ne se préoccuper que du point de vue financier, quand ce n'était pas, ce qui est pire encore, que du point de vue boursier. Certains effondrements retentissants en ces dernières années n'ont pas d'autre raison.

Mais faire cette distinction, poser le problème avec soin, ne fait que faciliter la solution, mais ne la donne point. C'est à s'y appliquer sans cesse que va consister toute la tâche de l'entrepreneur de chutes d'eau, tâche singulièrement ardue, toujours remise en question, parce que coût de production et prix de vente n'obéissent pas aux mêmes lois.

Chaque fois qu'il le pourra, l'entrepreneur conclura des contrats de fourniture lui assurant, à l'aide d'une prime fixe par unité de puissance souscrite, la récupération certaine d'une fraction de ses charges annuelles, quelle que soit la quantité réelle d'énergie vendue. Mais ce n'est que différer la difficulté, confier au voisin le soin de la résoudre. Le distributeur qui aura conclu un tel contrat s'empressera d'introduire une clause identique dans les contrats d'abonnement avec la clientèle, et c'est l'origine du minimum de consommation, contre lequel se rebellent les usagers, en prétendant qu'on leur fait payer ce qu'ils n'ont pas consommé. Bien des techniciens de la distribution y sont opposés et nous verrons dans le chapitre suivant que leurs arguments ne sont pas sans valeur.

Lorsque le producteur est un électrochimiste, ou lorsqu'il conclut un contrat avec un électrochimiste, la charge annuelle de la centrale hydro-électrique est incorporée dans le coût de production du produit à fabriquer, à raison de la consommation spécifique d'énergie. Mais la difficulté n'est que déplacée, et ce deuxième aspect du problème n'est souvent pas plus souriant que le premier.

Si, pour ne pas être évincé du marché, le producteur électrochimiste doit suivre les cours à la baisse, la part réservée à l'énergie électrique dans le prix du produit fini devra être réduite elle aussi, et si l'atelier d'électrochimie y trouve son compte, la centrale hydro-électrique n'y trouve plus le sien,

Si, pour maintenir à l'unité d'énergie la valeur d'ordre qui lui avait été d'abord attribuée, et qui permet l'équilibre, le producteur électrochimiste s'ingénie à diminuer la consommation spécifique d'énergie dans le produit fabriqué, il obtient quelque apaisement du côté de l'utilisation électrochimique et a peut-être une solution pour l'ensemble de l'affaire, à condition de trouver par ailleurs le placement de l'énergie économisée par l'atelier d'électrochimie; sinon il n'est pas plus avancé. La difficulté est résolue pour r , mais ne l'est point pour Q , et le produit $Q \times r$ n'est toujours pas ajusté. Cette considération introduit quelquefois dans les problèmes qui se posent aux électrochimistes une certaine fantaisie. Il leur arrive, et il nous

est arrivé, de chercher et de concevoir des appareils qui consomment *beaucoup* d'énergie, relativement à l'unité de produit fabriqué. Ce n'est pas un paradoxe, et l'opération peut être rentable, à condition de retrouver par ailleurs par exemple, sur les frais de premier établissement de ces appareils à dessein sommairement conçus, ou sur le prix moindre des matières premières moins bien choisies, dont on peut alors se contenter grâce à cette consommation d'énergie surabondante; le supplément de coût que l'on accepte délibérément pour équilibrer l'opération financière de la chute d'eau. Mais fort heureusement, les problèmes industriels de l'électrochimiste ne se posent pas toujours sous cet aspect aussi paradoxal.

Que sa production soit destinée à l'électrochimie ou à la distribution, le producteur pourra s'ingénier à conclure certains contrats lui assurant une fraction de valeur connue de ses charges annuelles, en faisant un sacrifice sur le prix, sous condition que la consommation ne descendra pas en dessous d'un certain minimum. C'est laisser à la loi de l'offre et de la demande son libre jeu.

Il est à noter en effet que le concessionnaire de chutes d'eau n'est pas obligé d'appliquer le même tarif à deux usagers différents, même si les conditions d'utilisation et l'importance de la fourniture sont identiques. C'est seulement en temps que concessionnaire de distribution qu'il pourrait y être astreint.

Enfin, et c'est peut-être la considération la plus importante, avant d'agir sur r , le producteur hydraulique devra tenir le plus grand compte des possibilités de son concurrent thermique. La lutte est sur ce point très serrée, et nous en avons montré dans le chapitre IV du titre I les différents aspects.

b) Si ces moyens d'action sur le prix unitaire r sont de bien peu de portée, et assez difficiles à manier, ceux dont le producteur hydraulique dispose pour agir sur la quantité vendue Q , sont-ils plus efficaces ?

Oui, et tout l'art de l'hydraulicien, si l'on peut dire, tant sur le terrain technique que sur le terrain commercial va se révéler dans cette action dont le principe sera :

Vendre plus, tout en assurant au produit Qr sa valeur

maximum, jusqu'à ce que l'équilibre financier soit réalisé ; puis ensuite vendre les excédents même à un prix bas, puisqu'aussi bien, à partir du moment où les charges annuelles sont récupérées, l'utilisation du débit maximum n'entraîne plus que des charges d'exploitation supplémentaires absolument insignifiantes¹².

Mais vouloir s'astreindre ainsi à suivre le débit de la chute d'eau, c'est être conduit à réaliser une *courbe d'offre* de l'énergie en fonction du temps qui ne correspondra certainement pas à la *courbe de demande* de l'énergie, entendue de la même manière. Nous précisons bien, pour éviter toute confusion, que ces courbes d'offre et de demande d'énergie n'ont pas ici la signification habituelle qu'on leur attribue en économie politique, où on les considère uniquement, tout au moins sous la forme ancienne de la loi de l'offre et de la demande, comme des relations de correspondance quantitative entre les quantités offertes ou demandées et les prix.

Sous sa forme nouvelle, la demande et l'offre n'interviennent pas seulement en temps que quantités, mais accompagnées d'un certain prix, élément qualitatif qui permet de différencier une même quantité demandée par des acheteurs éventuels différents.

C'est très exactement une notion qualitative de ce genre qu'il faut faire intervenir comme troisième variable si l'on veut bien comprendre la nature de la relation de correspondance qui est à établir entre les quantités d'énergie offertes par le producteur et les quantités d'énergie demandées par le consommateur.

A chacune de ces quantités, offertes ou demandées à *un certain prix*, correspond un facteur qualitatif qui est la troisième variable, que nous appellerons pour la com-

12. Dans l'exemple d'évaluation des charges annuelles que nous avons donné page 190, si le producteur d'énergie hydraulique est parvenu à vendre son unité de puissance normale pendant 5.000 h. par an, à raison de fr. 0,10 le kwh, il aura équilibré son opération dans le premier cas, mais non pas dans le second. S'il peut la vendre pendant le reste de l'année à 0,06 le kwh, soit pendant 3.760 h. il aura réalisé un bénéfice dans le premier cas et équilibré son opération dans le second. On aperçoit toute la variété des combinaisons qui peuvent être imaginées, en divisant la puissance normale disponible en tranches de puissance réelle, dont les prix peuvent alors varier suivant la permanence de la tranche de puissance offerte.

modité du langage et la clarté de l'exposé, *l'opportunité*¹³. Cette opportunité de l'énergie offerte ou demandée dépend de l'époque de l'année ou de l'instant de la journée.

Le consommateur d'éclairage a besoin d'énergie électrique à l'approche de la nuit. Si on lui en offre à midi, même à un prix beaucoup plus bas, il ne sera pas preneur pour cela, car l'opportunité de cette énergie est pour lui nulle. Que vienne à s'obscurcir le ciel brusquement à la fin de l'après-midi, immédiatement l'opportunité de l'énergie demandée augmente.

On peut faire le même raisonnement suivant les diverses époques de l'année, les saisons, la pluviosité, la variabilité du régime des rivières, etc...

Aussi, pour le producteur, agir sur la courbe de consommation, ou sur la courbe de production; ou les deux à la fois, reviendra à faire coïncider sans cesse les opportunités des quantités d'énergie offertes ou demandées.

Plusieurs moyens s'offrent à lui.

Pour agir sur la courbe de la consommation, s'il est électrochimiste, il organisera le programme de ses fabrications en conséquence. S'il est distributeur, il tâchera de diversifier sa clientèle, de façon à combiner des utilisations d'opportunités différentes : éclairage, traction, force motrice, usages domestiques.

Pour agir sur la courbe de production, il tâchera d'aménager des réservoirs saisonniers pour améliorer les opportunités saisonnières, ou des réservoirs diurnes pour les opportunités horaires. Si le jeu des variations naturelles des débits ne suffit pas à assurer le rythme convenable des remplissages et des vidanges de ces réservoirs, il adjoindra à ces génératrices des pompes de refoulement, consommant de l'énergie à faible opportunité que lui fournira le réseau pour remplir ses réservoirs et produire ensuite avec la même machine électrique, devenant génératrice lorsqu'elle est mue par la turbine, de l'énergie à opportunité plus élevée. Sans doute ces divers moyens sont coûteux et aug-

13. Cette notion est à rapprocher de la notion subjective introduite par l'école psychologique dans la théorie de la valeur, que M. Gide a désignée sous le nom de désirabilité, M. Vilfredo Pareto sous le nom plus savant d'ophélimité. On dit aujourd'hui utilité finale.

mentent-ils d'autant la charge annuelle qu'il s'agit d'équilibrer. Mais précisément, par suite de l'ajustement des opportunités, les suppléments de prix qui en résultent pour les quantités d'énergie offertes lorsqu'elles sont en exacte correspondance d'opportunité avec les quantités d'énergie demandées, compensent toujours et au-delà l'augmentation de la charge annuelle et finalement concourent à assurer plus aisément sa récupération ¹⁴.

On aperçoit ainsi, par le jeu des solidarités qui s'établissent entre les diverses centrales à opportunités différentes, l'extrême complexité du vaste organisme qu'il s'agit de mettre sur pied et que seuls peuvent réaliser des groupements de producteurs. C'est la condamnation des chutes spécialisées et des marchés locaux.

La chute d'avant-guerre ne se prêtait guère d'ailleurs à une semblable adaptation. Alimentant des fours électriques ou des cuves électrolytiques, elle a forcément, en période normale et par définition, une bonne utilisation, puisque la marche de ces fours et de ces cuves est réglée pour épouser, autant que faire se peut, les variations de la courbe de production. Mais survienne une crise industrielle, qui entraîne la mévente des produits fabriqués, aussitôt tout est compromis et peut être gravement compromis, car l'usine, isolée dans une vallée de montagnes, n'a pas d'utilisation de remplacement. C'est ainsi que les électrochimistes sont apparus sur le marché de l'électricité comme vendeurs de courant. Mais il se sont vite aperçus que les lignes de transports qu'ils avaient été obligés d'édifier dans ce but, ne pouvaient être rentables qu'à condition d'être construites pour des ventes massives, et non plus seulement pour l'échange occasionnel de résidus d'énergie. De vendeurs occasionnels, ils sont devenus vendeurs

14. Ces considérations qualitatives expliquent pourquoi l'énergie électrique, essentiellement fongible physiquement, est cependant un bien économique de nature hétérogène. C'est la raison pour laquelle le prix de revient n'apporte, pour l'établissement des prix de vente, que des indications beaucoup moins formelles qu'on pourrait le supposer. Ainsi que nous le verrons dans le chapitre suivant, ce sont surtout des considérations d'ordre psychologique, beaucoup plus que des considérations purement économiques, qui interviendront dans la formation des prix de vente. Tout au plus, tiendra-t-on compte des frais de production proportionnels ou prix de revient partiel pour déterminer un prix minimum, en dessous duquel la distributeur préférera refuser la fourniture.

permanents et d'autant plus volontiers qu'ils se sont aperçus que, vendant plus cher leur énergie qu'en l'incorporant à des produits fabriqués, leur marge bénéficiaire était plus substantielle.

Cette organisation des transports massifs, seule compatible avec les nécessités économiques de la transmission d'énergie à longue distance, devait entraîner à son tour l'aménagement de chutes puissantes, que les électrochimistes délaissaient parce qu'ils n'en avaient pas besoin, mais que seules peuvent aborder de grandes sociétés capables de réunir les capitaux considérables qui sont nécessaires à de semblables travaux. Ainsi se trouve résumé et précisé dans sa genèse, le processus du mouvement de concentration que nous avons décrit précédemment.

Mais un tel bouleversement ne pouvait aller sans heurts et sans-à-coups. A une série de problème locaux, d'adaptations individuelles pour des producteurs isolés ou faiblement groupés, s'est substitué un problème d'adaptation par grandes masses. C'est maintenant, et ce sera de plus en plus la consommation française, qu'il s'agira d'adapter à la production française.

c) Une dernière question se pose, qui est de savoir si la solution du problème financier en quoi s'analyse l'opération d'aménagement d'une chute d'eau, ne va pas se traduire par une tendance continue à la hausse du coût de production.

Nous y avons répondu par avance dans le chapitre V du titre II, lorsque nous avons étudié l'application à notre matière des théories de la rente foncière.

Sans doute, sur une courte période de temps, observera-t-on une croissance du coût de production. Mais cela ne peut être que momentané et le fait obligé, mais transitoire, de l'*accumulation des capitaux*, que l'on est contraint de réaliser pour accomplir des efforts économiquement croissants. Lorsque ces capitaux accumulés auront pu être reconstitués, lorsqu'on aura pu *étaler* l'effort économique sur une période suffisamment longue, alors on s'apercevra de la modicité du coût de production permanent, résiduel de ces chutes réputées aujourd'hui difficiles écomomiquement parlant.

Comment se produira ce résultat ? En 2 étapes : à l'expiration de la période d'amortissement des emprunts

contractés par les entreprises d'abord, puis ensuite, à l'expiration des concessions, vers la fin du siècle. Que se passera-t-il alors ?

Si, comme il est probable, les moyens de production thermiques n'ont pu être évincés, et même s'ils ont perdu la suprématie qu'ils ont aujourd'hui, leur coût de production résiduel certainement plus élevé que le coût de production résiduel de l'énergie hydraulique quel que soit le niveau général des prix, créera en faveur de cette dernière une rente économique, source de revenus pour l'Etat, alors seul exploitant des chutes d'eau.

Dans l'hypothèse très improbable enfin, où seuls subsisteraient les moyens de production hydrodynamiques, il est craindre alors que la vente de l'énergie électrique par les soins de l'Etat donne lieu à un nouveau monopole fiscal où le prix de vente n'aura aucun rapport avec le coût de production réel devenu très bas.

Ces deux propositions nous paraissent suffisantes pour fixer les idées quant à l'orientation probable de la loi des prix en matière d'énergie hydraulique.

Section II

L'aide financière de l'Etat

§ 1, *Dans l'aménagement des chutes d'eau*

M. Maroger, dans son rapport devant le Conseil National Economique¹⁵, fixait à 6 milliards environ le total des capitaux investis dans la chute d'eau française, au 1^{er} janvier 1933. Ce chiffre représente près de 50 % du total des émissions de sociétés d'électrochimie, d'électrometallurgie et des sociétés de distribution, s'alimentant principalement à la chute d'eau, tel que nous l'avons indiqué page 107 ce qui n'a rien d'in vraisemblable.

Ainsi que ne manque pas de le souligner M. Maroger dans son rapport, cet effort financier a été accompli par l'initiative privée, par ses seules forces, l'aide financière de l'Etat n'ayant joué dans l'ensemble qu'un rôle insignifiant.

15. *J.O.* du 23 août 1933, annexe 38, p. 908.

Certes, déclare M. Maroger, « la loi du 16 octobre 1919 prévoit qu'une contribution de l'Etat peut être allouée, sous forme d'avance ou de subvention, aux concessionnaires d'entreprises dont l'objet principal est la fourniture de l'énergie à des services publics ou intéressant la défense nationale, ainsi qu'à ceux qui prennent à leur charge des travaux d'aménagement susceptibles d'améliorer de façon notable, les conditions d'utilisation agricole du cours d'eau ou de régulariser son régime (art. 7, § 1) ».

L'aide financière de l'Etat est donc une chose exceptionnelle et en fait, la totalité des avances qui ont été consenties depuis 1919 ne dépassent pas 200 millions de francs, ce qui ne représente que 2 à 2,5 % du montant des dépenses qu'il a fallu engager pour équiper les chutes d'eau actuellement en service. (Ce chiffre comprend d'ailleurs la capitalisation des bonifications d'intérêts accordées par la loi de finances du 31 mars 1931 (art. 120 et 121), mais il est à noter qu'une partie de ces bonifications s'applique à des usines qui n'étaient pas encore en service en 1933, et dont les dépenses n'entrent pas par conséquent dans le chiffre de 6 milliards ci-dessus cité).

« Aussi bien, poursuit M. Maroger, la Chambre syndicale des Forces hydrauliques s'est-elle toujours montrée très modérée en ce qui touche l'application de l'art. 7 de la loi du 16 octobre 1919. Elle n'a demandé le concours de l'Etat que dans des cas particuliers et lorsque la chute apparaissait grevée de charges spéciales, correspondant à des installations n'intéressant pas ou n'intéressant pas uniquement la production de l'énergie électrique (ouvrages de navigation, barrages, réservoirs améliorant les irrigations ou atténuant les crues etc...) Elle a par contre insisté, à différentes reprises, pour obtenir, non une faveur mais ce qu'elle considère comme un geste de justice à son égard. Le bon sens veut que le gros consommateur ou le gros producteur d'énergie électrique ne soit pas plus mal traité par les pouvoirs publics ou le fisc lorsque, de préférence au moteur thermique, il fait choix pour son alimentation, de la chute d'eau, propriété de l'Etat. Notre Chambre syndicale demande simplement que, dans l'application de la loi de 1919, les pouvoirs publics n'oublient jamais la situa-

tion avantageuse dans laquelle se trouve le propriétaire d'une usine thermique exempt de réserves, et de charges pour reconstitution agricole, propriétaire, sans limite de durée, de toute son installation, exonéré de certains impôts qui ne frappent que les travaux publics, tels que la patente spéciale des entrepreneurs. »

La question de l'aide financière de l'Etat se trouve ainsi placée par M. Maroger sur son véritable terrain, et c'est pourquoi nous n'avons pas hésité à le citer longuement. Elle s'est manifestée sous trois formes différentes, que nous allons examiner sous les trois paragraphes suivants :

*1^o. Système des avances ou subventions de la loi
du 16 octobre 1919.*

Ces avances ou subventions revêtent des formes diverses et s'accompagnent le plus souvent de la remise à l'Etat d'actions de 1^{er} rang ou de 2^e rang, ou simplement d'obligations, avec représentation de l'Etat au sein du Conseil d'Administration ou des Assemblées générales, dans les conditions prévus au Cahier des Charges, suivant le § 8, alinéas *d*, *e* et *f* de l'art. 10 de la loi.

L'ensemble de ces avances à titre remboursable ou des subventions à fonds perdus, s'élevait au 1^{er} août 1934 à 75.831.500 fr. dont 20.481.500 fr. au titre des subventions et 55.350.000 au titre des avances.

Citons parmi les plus importantes :

a) Pour l'usine d'Eguzon : une subvention de 2.000.000 fr. suivant décret du 24 septembre 1922, ayant donné lieu à la remise à l'Etat de 2 millions de francs d'actions de 1^{er} rang et lui donnant droit à un représentant au Conseil d'administration et 1 représentant aux assemblées générales ; une nouvelle subvention de 631.000 fr., contre remise du même montant d'actions remboursables en 8 annuités et portant intérêt de 3, 75 % et une avance de 5.000.000 fr. par convention du 3 novembre 1926.

b) Pour l'usine du Blavet (Union hydro-électrique armoricaine), une subvention de 3.000.000 fr. contre remise du même montant d'actions de 2^e rang, et une avance de 47.000.000 fr. sous forme de 47.000.000 fr. d'obligations de

500 fr. portant intérêt en 50 ans et remboursables au pair en 50 ans, la représentation de l'Etat étant assurée par un commissaire du Gouvernement.

c) Pour le barrage du Sautet (Société des Forces motrices de Bonn et Drac), il avait été prévu sous le régime de la loi de 1919 (convention du 27 septembre 1923) une première avance remboursable de 15.000.000 fr. avec une marge possible de 20 % mais les difficultés rencontrées par l'entreprise ont été telles que ce supplément d'avance, qui n'aurait pas dû dépasser 3.000.000 fr. a atteint finalement 17.500.000 fr. portant le montant total des avances à 32.500.000 fr. en échange de quoi, l'Etat, représenté par un commissaire du Gouvernement a droit à certaines fournitures gratuites d'énergie, et en outre perçoit une redevance annuelle forfaitaire de 150.000 fr. avec intérêts de retard de 6 %.

d) Pour le barrage du Chambon (Société des Intérêts collectifs de la Romanche) une première subvention de 3.000.000 par décret du 29 mars 1928, contre remise de 3.000.000 d'actions de 1^{er} rang à été suivie, en vertu du décret du 21 novembre 1928, d'une deuxième subvention identique à la précédente, et d'une avance remboursable de 7.000.000, contre remise du même montant d'obligations de 2^e rang, soit au total 13.000.000. L'Etat a reçu la moitié des sièges du Conseil d'Administration, soit 6 membres.

Ces diverses avances ou subventions sont prévues au budget aux « Moyens de services et dispositions annuelles », titre IV, tableau E, par la procédure des crédits d'engagements.

2^o. *Système des bonifications d'intérêt de la loi de finances du 31 mars 1931 (art. 120 et 121).*

Aux termes de cette loi, « à dater de sa promulgation et jusqu'au 1^{er} avril 1935, il peut être substitué aux avances remboursables et subventions en capital prévus en faveur des entreprises de forces hydrauliques et des organismes collectifs de transport d'énergie hydraulique, par l'art. 7 de la loi du 16 octobre 1919 et par la loi du 19 juillet 1922, l'allocation pendant 30 ans, au maximum et dans la limite des autorisations fixées annuellement par la loi de finances, des annuités prévues au budget et destinées à alléger la charge des intérêts des emprunts contractés ».

Ces annuités seront accordées par le Ministre des Travaux Publics, après avis du Ministre du Budget. Leur taux sera fixé d'après les conditions du marché financier, au moment de l'émission, sans pouvoir en aucun cas, dépasser 2 % des sommes non encore amorties empruntées en vue de l'installation des usines où de la construction des réseaux de transport d'énergie électrique.

L'Etat devra exiger le remboursement sans intérêt des annuités versées, soit par prélèvement sur les bénéfices réalisés par le concessionnaire, lorsque ceux-ci dépasseront une limite à déterminer dans la décision du Ministre des Travaux Publics, soit au moyen d'une redevance sur les kwh produits ou transportés, au delà d'une certaine limite dans les mêmes conditions.

L'Etat sera représenté auprès des bénéficiaires par un commissaire du gouvernement dans les conditions prévues par le décret du 18 octobre 1923 ».

Ainsi donc, l'effet de cette loi est essentiellement temporaire et doit prendre fin le 1^{er} avril 1935. Il ne semble pas que ces dispositions doivent être prorogées. Mais, même actuellement, le régime de la loi de 1919 est toujours en vigueur et il pourrait y être fait appel.

En fait, cette loi n'a guère fonctionné que pendant une année et les entreprises bénéficiaires ont le plus souvent préféré mobiliser ces annuités pour bonification d'intérêt, par la Caisse des Dépôts et Consignations qui se substitue à elles auprès de l'Etat, pour recevoir les dites annuités, et leur consent en échange une avance équivalente à 15 fois le montant annuel des annuités, soit 30 % du montant des travaux.

Les principales de ces subventions ont été presque toujours accordées en faveur de travaux de régularisation relatifs à la construction de réservoirs ou à l'aménagement de lacs. En voici quelques exemples :

Pour le lac de Caillaouas (Société Hydro-électrique du Midi)	1.200.000 fr.
Pour le barrage-réservoir de la Bissorte (C ^{ie} d'Alès, Frogès et Camargue)	1.200.000 —
Pour l'usine de Marèges (P.O.)	2.500.000 —
Pour le lac et l'usine de Portillon du Lys	1.100.000 —

Le montant s'en est élevé, pour l'exercice annuel 1931-1932 à 7.855.000 fr., et pour l'exercice de 9 mois de 1932, à 2.385.000 fr., soit au total 10.240.000, représentant en valeur actuelle une subvention globale de 153.600.000 fr. Ce chiffre, ajouté à la valeur des subventions ou avances accordées au titre de la loi de 1919, donne un total de 230 millions de francs, dépassant légèrement le chiffre cité par M. Maroger devant le Conseil National Economique

3° Système de la participation directe ou de la garantie d'intérêts.

Ce système, très exceptionnel, nécessite toujours l'intervention d'une loi.

On en peut citer quatre exemples :

a. le barrage de l'usine de Kembs, qui doit commander une série de huit usines, a été construit avec la participation directe de l'Etat qui y a consacré une avance non remboursable de 170 millions de francs, plus 55 millions de prestations gratuites (loi du 28 juillet 1927). Mais il s'agit ici d'un grand ouvrage d'utilité publique, analogue à un pont, une digue et qui reste la propriété de l'Etat au plein sens du mot.

b. L'aménagement de la Moyenne-Dordogne, confié par la loi du 6 mars 1928, à la 17^e Région Economique, se fera sous le régime de la garantie d'intérêts. Le décret de concession n'est toutefois pas encore intervenu.

c. L'aménagement de la Haute-Dordogne, en amont de Vernéjoux, que le Ministre des Travaux Publics avait été autorisé à concéder à la Compagnie du Chemin de Fer de Paris à Orléans, en vertu de l'art. 133 de la loi de finances du 31 juillet 1920. La convention intervenue, approuvée par décret délibéré en Conseil d'Etat le 11 mars 1921, mettait un certain nombre de travaux à la charge de l'Etat : acquisition de terrains, réservoirs, ouvrages de prises d'eau, canaux et conduites forcées, bâtiments. Quant à l'équipement des usines, leur entretien, ils restaient ainsi que l'exploitation à la charge de la C¹^e P.O. Mais, comme pour les Chemins de fer, l'Etat se faisait avancer par la compagnie les fonds nécessaires, et lui en remboursait seulement les charges. Enfin l'Etat entendant faire une

opération blanche, la Compagnie devait chaque année lui payer une redevance sur l'énergie produite¹⁶.

Ce système ne s'est pas révélé viable et les événements qui ont suivi, la hausse des prix de construction, ont rendu les charges financières que la Compagnie assumait tellement lourdes que les travaux, notamment celui du barrage principal de Chavanon, ont été peu à peu ralentis, puis abandonnés en 1926. Une nouvelle combinaison, approuvée par décret du 5 août 1929, sous forme d'avenant à la convention principale du 11 mars 1921, a dû intervenir.

d. L'aménagement du Rhône confié à la Compagnie Nationale du Rhône par la loi du 27 mai 1921, dans les conditions que nous avons exposées précédemment (p. 52); notamment, la garantie d'intérêt de l'Etat est assurée pour le capital-obligations qui pourra atteindre neuf fois le capital-actions.

§ 2. A l'électrification rurale

La participation de l'État dans la formation des capitaux nécessités par l'aménagement des chutes d'eau, est donc extrêmement modérée. Il nous a paru intéressant, dans ce chapitre consacré à l'étude du problème financier, de dire quelques mots de l'aide financière apportée par l'Etat, dans le domaine de l'utilisation de l'énergie électrique, à l'électrification rurale. Le rapprochement est tout à fait suggestif.

A l'heure actuelle, les règles pour l'attribution des subventions destinées à l'électrification rurale sont définies par l'arrêté du 6 mai 1932. Sont strictement maintenues les règles de caractère général et permanent s'appuyant sur l'Arrêté de base pris le 25 juillet 1903 en matière d'améliorations agricoles, et qui visent le concours technique obligatoire du service du génie rural et la nécessité d'une approbation préalable pour toutes les modifications de projets. Est également maintenu le choix offert aux collectivités locales entre le recours aux prêts à taux réduit

16. Cf. *Des usines hydro-électriques alimentant les entreprises déclarées d'utilité publique*, P. Galland, Thèse Paris, 1930.

du Crédit agricole, institués par la loi du 2 août 1923 et l'obtention d'une subvention complémentaire de remplacement.

Par contre, sous le régime instauré par les art. 182 et 193 de la loi de finances du 16 avril 1930, toute limite dans la dépense subventionnable est supprimée, sous réserve de conditions économiques à vérifier dans chaque cas.

Les subventions elles-mêmes, lorsque les projets sont jugés économiquement acceptables, peuvent donc jouer sur la totalité de la dépense, et elles sont calculées à raison de :

33 % de la partie de la dépense inférieure ou égale à 600 fr., et 50 % de la dépense excédent 500 fr. par habitant desservi.

Le taux combiné s'établit donc à un chiffre variant de 33 à 50 % et est d'autant plus élevé qu'est plus forte la dépense par habitant desservi.

Aussi, le développement de l'électrification rurale a-t-il été essentiellement conditionné par les crédits que le Parlement mettait d'année en année à la disposition du Ministre de l'Agriculture.

Au cours des treize exercices qui vont de 1920 à 1932, les crédits accordés (budgets primitifs, crédits supplémentaires, crédits d'outillage national) atteignent au total :

Pour les autorisations d'engagements (attributions de subventions) : 2.000 *millions* de francs.

Pour les paiements de subventions, 1.600 *millions de francs*.

Le montant total des subventions principales ou complémentaires, accordées ou proposées, jusqu'à l'exercice 1932 y compris, s'élevait à 2.167 *millions* de francs, soit en moyenne 41,7 % du montant des travaux.

Le montant total des subventions à prévoir pour les projets à présenter, en escomptant pour l'ensemble de ces projets un taux moyen de subvention de l'ordre de 45 %, s'élèverait à 1.835 *millions*, soit au total, en chiffres ronds, 4 *milliards de francs*.

Le montant des subventions réellement attribués atteignait à la fin de 1932, le chiffre de 2.000 *millions*, cité plus haut. Resteraient donc à attribuer, à partir de l'année 1933,

un total de subventions de l'ordre de deux milliards de francs, en supposant maintenues les règles en vigueur et en conservant les approximations admises pour le montant des nouveaux projets.

Or, la population totale des communes actuellement desservies s'élève à 40.191.600 habitants, soit 96, 1 % de la population totale du territoire (ce qui ne veut pas dire que ces 40 millions d'habitants puissent tous user actuellement de l'électricité, car il existe encore des écarts non desservis dont la population est comptée tout de même). Elle était en 1919 de 24 millions et on estime que la différence, soit 16 millions, représente une population exclusivement rurale intéressée par les travaux d'électrification effectués au cours de cette période 1919-1932¹⁷.

A raison de 25 kwh par an et par habitant desservi, moyenne actuelle, la consommation annuelle de cette catégorie de population est donc de 400 millions de kwh. Pour obtenir ce résultat, le montant total des subventions attribués par l'Etat a été de 2 milliards de francs, soit 5 francs par kilowatt consommé.

On estime que, grâce aux travaux d'extension encore à effectuer, et pour lesquels une attribution de subventions de même importance est à prévoir, la consommation spécifiquement rurale pourra tout au plus atteindre dans notre pays 50 kwh par habitant et par an. La subvention moyenne par kilowatt consommé ne changerait pas, mais ce résultat est loin d'être encore atteint et ne le sera sans doute qu'au prix d'un effort de propagande tenace.

L'effort financier qu'a accompli l'Etat jusqu'à maintenant dans le domaine de l'électrification rurale paraît donc être près de dix fois supérieur à l'effort parallèle accompli dans le domaine de l'aménagement des chutes d'eau. La disproportion n'est pas niable, mais les critiques que l'on pourrait adresser à semblable politique, au simple rapprochement de ces chiffres, tombent d'elles-mêmes devant les résultats actuels et cette politique apparaît au contraire comme parfaitement cohérente.

17. Cf. sur tout ce qui précède : Notes et documents statistiques sur l'électrification rurale, Extrait des *Annales du Ministère de l'agriculture*. Direction des Eaux et du Génie Rural, fascicule 62, p. 9, 11, 45 et suiv.

Pourquoi l'Etat encouragerait-il la production de l'énergie hydro-électrique, puisqu'il trouve toujours des concessionnaires disposés à se disputer la faveur de devenir ses fermiers bénévoles, et qu'au surplus, il existe à l'heure actuelle, une menace de surproduction qui devient extrêmement préoccupante ?

Ne vaut-il pas mieux au contraire que les encouragements des Pouvoirs Publics soient consacrés à l'extension des débouchés, puisque précisément, c'est la consommation qui est insuffisante ?

Ce raisonnement apparaît au premier abord inattaquable. Nous en décèlerons les faiblesses, lorsque, ayant étudié les lois de la formation du prix de vente, nous verrons comment l'Etat peut et doit avoir une action directrice sur le prix de vente, en favorisant par tous les moyens dont il peut disposer, et notamment par son aide financière, les grands travaux de transport d'énergie, qui en augmentant l'activité des échanges, ainsi que la zone d'influence de notre domaine hydraulique, concourraient à assurer une diffusion, une dissémination de l'énergie hydro-électrique, préface indispensable à tout programme rationnel de mise en valeur de nos richesses hydrauliques.

CHAPITRE III

LE PROBLÈME ÉCONOMIQUE

Nous sommes arrivés à cette conclusion, au terme de l'étude poursuivie dans le chapitre précédent, que le problème posé à la sagacité et à la science du producteur d'énergie hydraulique était surtout d'ordre financier et nous avons pressenti que les diverses mesures qu'il peut être amené à prendre pour la solution de ce problème, devaient nécessairement tenir compte des lois économiques qui président à la formation du prix de vente.

Nous allons consacrer à l'étude de ces lois économiques les deux premières sections de chapitre III, et nous réserverons la troisième à une étude des résultats permettant de définir la situation du marché de l'énergie électrique, telle qu'il se présente actuellement.

Section I

La limitation et la révision du prix de vente par voie réglementaire

Nous écarterons de cette étude les ventes d'énergie électrique en gros de producteurs à distributeurs ou électrochimistes. Les prix en sont fixés contractuellement pour une période en général assez longue, lorsqu'il s'agit de prix révisables automatiquement suivant une formule indiciaire (pour les électrochimistes des Pyrénées, par exemple, suivant le cours de l'azote) ou pour une période

courte au contraire, lorsqu'il s'agit de l'utilisation toute temporaire de résidus d'énergie à bas prix.

Nous nous occuperons principalement de la formation des prix dans les relations des concessionnaires de distribution d'énergie électrique avec les usagers, pour en dégager les lois générales, et nous examinerons, dans cette section, quelles sont les limitations ou modalités de révision des prix imposées par les Pouvoirs publics aux distributeurs d'énergie électrique en général, et aux producteurs d'énergie hydro-électrique en particulier, lorsque leur production est destinée à la distribution.

a) Lorsqu'il s'agit de concessions d'énergie hydraulique régies par la loi du 16 octobre 1919, l'art. 19 du Cahier des Charges-type stipule que « les prix auxquels le concessionnaire est autorisé à vendre l'énergie au public, ne pourront pas dépasser les maxima suivants pour le courant pris à la sortie de l'usine... » De plus, la circulaire d'application du 24 juillet 1921 (*J. O.* du 1^{er} août 1921) indique les règles à suivre dans le Cahier des Charges pour la détermination des tarifs maxima. Ces tarifs maxima dépendent directement du prix de revient réel de l'énergie hydraulique d'après les charges annuelles calculées d'une façon conventionnelle et non pas les charges réelles, et une utilisation de la puissance conventionnellement déterminée également. Les marges admises sont d'ailleurs assez larges pour que le prix de revient réel soit certainement inférieur à ce tarif maximum. Dès lors, le prix de vente pourra être fixé librement au gré des conventions entre parties, pourvu qu'il soit inférieur à ce tarif maximum, et le demeure au cours des révisions ultérieures, sans qu'il soit obligatoire, sauf stipulation expresse, de réviser le prix de vente en fonction des modifications subies par le tarif maximum.

« Le tarif ainsi défini, s'exprime la circulaire, apparaît comme un prix de revient normal qui, appliqué à la production pouvant être placée, permettrait à l'entreprise de se développer normalement ».

b) Lorsqu'il s'agit de concessions de distribution d'énergie électrique placées sous le régime de la loi du 15 juin 1906, et les textes subséquents qui la complètent, le principe est tout autre. Le terme correctif à ajouter au tarif de base, pour for-

mer le tarif de vente que ne peut dépasser le distributeur, dépend d'un « indice électrique », fonction du prix du charbon et de la main-d'œuvre, parce qu'ici, s'agissant d'énergie électrique en général, la tarification est modelée sur le mode de production concurrent. Aucun inconvénient lorsque le concessionnaire n'a à distribuer que de l'énergie thermique, ou tout au moins ne fait appel à l'énergie hydraulique que pour une faible partie de sa fourniture.

Mais lorsque le concessionnaire est lui-même producteur d'énergie hydraulique, ou lorsqu'il est lié par contrat avec un concessionnaire d'énergie hydraulique qui lui assure la majeure partie de sa fourniture, l'application au sein de la même entreprise de ces deux systèmes de tarification entièrement indépendants, donne lieu à des situations fort délicates qui ont souvent paru sans issue.

Si en effet, le distributeur est lié au producteur par un contrat comportant un prix ferme, le prix de vente au public, fonction de l'index économique, ne lui permet plus de couvrir les frais d'achat du courant, dans le cas d'une baisse de prix du charbon ou de la main-d'œuvre, ou des deux à la fois. Si, au contraire, le contrat comprend une formule de variation indiciaire, c'est le producteur qui voit s'effondrer le prix de sa fourniture, et ne peut plus en tirer un revenu suffisant pour rémunérer ses charges de capital, demeurerées fixes¹.

De là, comme on l'a noté souvent, une hésitation très compréhensible à s'engager dans la voie d'utilisation du courant hydraulique, et par voie de conséquence, une véritable désaffection des capitaux pour les entreprises de production, qu'était venue aggraver, pendant la période d'instabilité monétaire, une répulsion du public pour les valeurs à revenu fixe, entrant pour une majeure partie dans la constitution des capitaux de ces entreprises.

Le 3^e Congrès de la Houille Blanche, tenu à Grenoble en 1925, s'était longuement préoccupé de cette situation, et plusieurs des rapporteurs, notamment, MM. Arbelot, Maroger, Devun, avaient dans leurs travaux exposé leurs

1. M. Arbelot, *Les conditions de la concurrence entre l'énergie hydraulique et l'énergie thermique*, 3^e Congrès de la Houille blanche, Section économique, 4^e rapport, p. 28.

vues sur cette délicate question. Mais leurs préoccupations étaient dans une large mesure dominées par le souci d'éviter les répercussions sur l'équilibre financier des entreprises, de l'instabilité monétaire qui sévissait à cette époque. Aussi, n'est-il pas très facile de distinguer, dans leurs conclusions, ce qui a trait au problème strictement monétaire auquel nous venons de faire allusion, de ce qui a trait au problème purement économique dont seul nous entendons nous occuper, et qui seul a de l'importance à l'heure actuelle, si du moins on suppose close l'ère des tribulations monétaires.

Bien des formules ont été proposées, pour tenter de concilier le point de vue de l'hydraulicien qui inspire le système des « tarifs maxima » de l'art. 19 du Cahier des Charges-type pour les concessions d'énergie hydraulique et le point de vue du thermicien qui est celui de la tarification indiciaire régissant les concessions de distribution d'énergie électrique.

Nous allons exposer, sous un premier paragraphe, le mécanisme des « tarifs maxima » de l'art. 19, puis, sous un second paragraphe, le mécanisme de la tarification indiciaire ainsi que les diverses modifications qu'il a dû subir pour en pallier les inconvénients.

§ 1. *Le tarif maximum de l'art. 19.*

L'élément le plus important dépend du compte de premier établissement qui comprend conformément au tableau annexé à la circulaire de 1921, toutes les dépenses d'achat de terrains et d'installations, les frais d'études et de constitution, et les intérêts intercalaires du capital depuis son immobilisation jusqu'au terme des travaux, tel qu'il est défini au Cahier des charges.

Mais, au lieu de faire un compte des charges financières réelles de l'entreprise, d'après son propre crédit, la circulaire de 1921 adopte, pour l'ensemble des capitaux à investir, capital-actions et capital-obligations, un intérêt uniforme net supérieur de 2 points à celui de la rente française, comportant l'intérêt nominal le plus élevé, d'après le cours moyen de cette rente pendant l'exercice écoulé.

On ajoute à cet intérêt la prime d'amortissement nécessaire pour amortir la totalité des capitaux dans la durée de la concession, les impôts sur les titres et les charges réelles d'exploitation subies par l'entreprise, telles que nous les avons analysées dans le chapitre précédent.

On obtient ainsi une évaluation, en grande partie forfaitaire, qui peut être supérieure ou inférieure aux charges réelles suivant le crédit dont jouira la société concessionnaire au moment des émissions.

Lors des révisions décennales successives, les mêmes principes seront appliqués.

Si le taux de la rente se trouve alors supérieur à ce qu'il était au moment de l'émission ou de la révision précédente, l'entreprise, dont les charges n'ont pas varié, bénéficiera d'une marge supplémentaire, dont elle peut profiter pour améliorer sa situation financière.

Si, au contraire, le cours de la rente a baissé, cette marge sera diminuée, à moins que le concessionnaire ne fasse la preuve qu'il n'a pu, en temps voulu, réaliser les amortissements ou les conversions nécessaires pour adapter ses charges réelles à la situation économique générale. Dans ce dernier cas, on pourra admettre qu'il lui sera tenu compte de ses charges réelles dûment justifiées.

Les dispositions en faveur du concessionnaire sont fort libérales et lui laissent une zone de liberté relativement grande pour aménager ses prix. Il ne faut pas oublier cependant que, pratiquement, l'entreprise ne pourra effectuer ces conversions anticipées pour alléger ses charges financières réelles, que si elle s'en est réservée la faculté au moment de l'émission, dans le Cahier des Charges de l'emprunt. Suivant une jurisprudence bien établie par plusieurs arrêts de 1890 à 1897, on peut poser en principe que les dettes amortissables ne sont pas convertibles, sauf bien entendu pour l'Etat, qui peut toujours s'y faire autoriser par une loi ².

Les charges annuelles de l'entreprise étant ainsi déterminées forfaitairement pour les charges financières, réellement pour les charges fiscales et les frais d'exploitation,

2. E. Allix, *Traité élémentaire de législation financière*, 6^e éd. p. 918.

il reste à évaluer la capacité de production de l'usine en kwh, car, et c'est important à noter, la circulaire de 1921, ne se contente pas d'établir un prix de revient à l'unité de puissance normale disponible, elle veut établir un prix de revient de l'énergie elle-même, de façon que les tarifs maxima soient calculés en fonction de la même unité, le kwh, que pour la vente aux usagers.

Mais, faute de pouvoir déterminer à l'avance quelle sera la production réelle de l'usine, la circulaire, dans le même esprit libéral, adopte des coefficients de réduction, tenant compte de la possibilité de larges variations dans l'utilisation de l'eau. Ce coefficient de réduction peut varier de 25 % à 50 % suivant qu'il s'agit d'une usine pourvue d'un bassin de compensation et reliée à un réseau, ou d'une usine isolée et au fil de l'eau, ce qui revient à multiplier l'énergie annuelle normalement disponible qui vient au dénominateur, par un facteur pouvant aller de 0,75 à 0,50.

Lors des révisions décennales, la capacité de production de l'usine, au lieu d'être fixée forfaitairement, sera remplacée par l'utilisation moyenne réelle des 10 précédentes années.

Enfin, pour augmenter encore la marge laissée à l'entreprise pour le jeu des prix, le prix de revient réel du hwh, calculé comme il vient d'être dit, est majoré de 50 à 60 % pour donner le tarif maximum.

« Ce coefficient de majoration sera déterminé lors de l'établissement du Cahier des Charges, et demeurera en principe invariable au cours des révisions ultérieures. Toutefois, son application ne devra pas faire apparaître au moment de la première fixation du tarif maximum, un tarif supérieur au prix de revient de l'énergie thermique produite dans une centrale de même puissance dans la même région, pour un prix de charbon à l'usine égal à 100 fr.

En définitive, le tarif maximum de vente sera égal au prix de revient moyen de l'unité d'énergie normalement disponible, multiplié par un coefficient pouvant varier de :

$$\frac{1.50}{0.75} = 2 \text{ à } \frac{1.60}{0.5} = 3,2$$

Dans la pratique, on aura intérêt à adopter un tarif comprenant :

- 1^o une prime fixe par kilowatt de puissance souscrite,
- 2^o une redevance par kilowatt-heure, mesuré et livré à la sortie de l'usine génératrice.

La répartition entre les deux termes est effectuée arbitrairement, dans des conditions précisées par chaque Cahier des Charges. L'examen des divers Cahiers des Charges montre que la prime fixe par unité de puissance souscrite est en général de l'ordre de 200 fr. et dépasse rarement 250 fr. La redevance proportionnelle par kilowatt oscille entre 0, 07 et 0, 30, le taux le plus couramment adopté se rapprochant de 0, 15³.

§ 2. *La tarification indiciaire*

a) Le système primitif.

Nous en avons exposé le principe général page 215. C'est du point de vue économique, un exemple très caractéristique d'intervention des Pouvoirs Publics pour « diriger » par voie réglementaire, la formation des prix d'un bien de consommation courante comme l'électricité, de façon que les variations du prix de vente restent parallèles aux variations du coût de production. Il s'agit toujours bien entendu, d'une tarification maximum, rien n'interdisant aux concessionnaires de distribution d'aménager leurs prix en-dessous de ce tarif maximum, comme ils l'entendent. Enfin, alors que pour les concessionnaires d'énergie hydraulique, le tarif maximum a une grande fixité, puisqu'il n'est revisable, sur demande de l'Administration ou du concessionnaire, que tous les dix ans, en ce qui concerne les distributions d'énergie électrique, l'ajustement des termes correctifs à ajouter aux tarifs de base se fait beaucoup plus fréquemment (tous les six mois depuis le 1^{er} janvier 1929, et tous les trois mois auparavant. Circulaire ministérielle du 30 mars 1929).

Le terme correctif qui, comme son nom l'indique, est destiné à corriger le tarif de base pour le mettre en harmonie avec les conditions économiques générales, est fonction

3. Paul Garnier, *Le Cahier des Charges des concessions de chutes d'eau*, Thèse, Paris, 1931.

d'un index économique électrique, qui lui-même dépend de deux éléments : un élément charbon et un élément salaire. Tel est le principe.

Dès lors, le prix de vente de l'unité d'énergie peut se mettre sous la forme :

$$P = P_0 + n (I - I_0)$$

étant entendu que les index diffèrent suivant qu'il s'agit d'énergie haute ou basse-tension.

P_0 est le prix de base,

$n (I - I_0)$ le terme correctif,

I est l'indice économique électrique dépendant de l'élément charbon et de l'élément salaire ;

I_0 la valeur de cet indice au moment de la période de base où a été calculé le prix de base P_0 ;

n , un coefficient de proportionnalité ou de sensibilité, choisi précisément dans chaque cas d'espèce pour qu'il y ait un certain parallélisme entre les variations du prix de vente et les variations du prix de revient.

Nous nous bornerons dans ce bref exposé à dégager les principes économiques qui sont à la base de la tarification indiciaire, en renvoyant, pour les détails d'application, aux publications spécialisées ⁴.

Il est bien évident que, sous peine d'une complication qui en aurait rendu l'application pratiquement impossible, l'index I ne pouvait tenir compte de tous les éléments du coût de production.

On s'est contenté d'y faire figurer deux des éléments fondamentaux de ce coût de production :

1° *l'élément charbon*, qui est le prix de la tonne de charbon, homologué périodiquement et par région par le Ministre des Travaux Publics ;

2° *l'élément salaire*, qui est déterminé d'après le salaire horaire moyen de toutes les entreprises de production et de distribution d'électricité.

Il suffisait de choisir le coefficient de sensibilité n , de façon que la variation ΔI de l'index, multiplié par n ,

4. Nous nous sommes aidé dans cette étude des deux publications suivantes : Ailleret, *Législation des distributions d'énergie électrique et des forces hydrauliques*, Librairie Eyrolles 1932. Jean Rossignol de Fargues, *Les nouveaux index économiques électriques*, avril 1934.

entraînât une variation du prix de vente : $\Delta P = n \cdot \Delta I$, correspondant aussi exactement que possible à la variation *vraie* du coût de production que l'on veut permettre au producteur de récupérer. C'est ce qu'exprime très clairement ce paragraphe de la circulaire ministérielle du 15 février 1928 :

« Ces termes correctifs ont dû couvrir, non seulement les variations de frais de combustibles et de personnel, mais aussi toutes les autres charges des distributions qui ont également suivi les variations du niveau général des prix. On a donc été amené à choisir pour le coefficient n des nombres dépassant largement les valeurs qui seraient strictement nécessaires pour couvrir les seules augmentations de charges de combustibles et de main d'œuvre ».

Ce souci d'obtenir cette correspondance exacte ne procède pas d'une sollicitude particulière des Pouvoirs Publics pour les producteurs et distributeurs. On a estimé, avec raison, que seule l'assurance qu'auraient producteurs et distributeurs de voir les prix qu'ils consentent suivre les variations de la situation économique, leur permettrait de consentir des prix bas. S'ils étaient tenus de vendre à un prix non susceptible d'ajustements, ils seraient amenés à se couvrir largement contre les risques de l'entreprise. Dans le profit, il y a une part pour le risque. Si le risque disparaît, le profit peut être plus faible.

On était donc ainsi amené à considérer le prix de la tonne de charbon et l'heure de salaire, comme des *étalons économiques* de toute l'industrie de la production et de la distribution de l'électricité. Tout cela était relativement correct pour l'énergie électrique d'origine thermique, tout au moins pour des conditions économiques s'écartant assez peu des conditions de base, et tel que l'index I reste voisin de l'index I_0 .

Mais cela l'était beaucoup moins pour de l'énergie de provenance hydraulique, qui ne consomme qu'un des éléments constitutifs de l'index, l'élément salaire, et pas du tout l'autre élément, l'élément charbon. Il a donc fallu admettre, dans ce cas, que l'indice jouerait le rôle d'un *étalon économique fictif*, tel que, par un choix judicieux du coefficient de sensibilité n , la variation $n \Delta I$ représen-

terait encore assez exactement la variation vraie du coût de production.

Or les coûts de production n'ont pas du tout dans l'un et l'autre cas la même structure. Leur composition relative est approximativement la suivante, cette comparaison ne conservant sa valeur qu'autant que les prix réels sont assez voisins l'un et l'autre :

	hydraulique	thermique
Combustible	0	51
Entretien et exploitation	39	23
Charges financières et fiscales	61	26
	100	100

On aurait pu tout aussi bien choisir, pour l'énergie de provenance hydraulique, un autre étalon économique, par exemple un indice général des prix, combiné avec le loyer de l'argent à long terme. Mais, vouloir régler uniformément les prix de vente, de deux marchandises dont les coûts de production ont des structures si différentes, est, au point de vue économique, une gageure.

On ne la conçoit que « parce que l'énergie thermique joue toujours un certain rôle de régulateur des prix, en raison de sa concurrence virtuelle et des possibilités de plus en plus grandes d'échange de courant entre régions différentes » pour reprendre les termes de la circulaire du 15 février 1928.

Mais, on comprend sans peine que, née au cours d'une période d'instabilité économique aiguë, au lendemain de la crise de 1921, une telle réglementation, réajustée tant bien que mal par le jeu des coefficients de sensibilité, doive imprimer aux prix de vente, en période de stabilité économique, des variations n'ayant qu'un rapport lointain avec les variations vraies du coût de production, principalement pour les producteurs d'énergie hydraulique, et susceptibles de nuire au développement de la consommation d'électricité.

b) La circulaire du 15 février 1928.

Une première réforme avait été apportée au système par la circulaire précitée du 15 février 1928.

Cette circulaire avait estimé « souhaitable que les prix du courant ne soient pas trop sensibles aux variations des index, et que les coefficients dont ceux-ci sont affectés ne dépassent pas ceux qui sont nécessaires pour couvrir les

variations de charges dues seulement au cours du combustible ».

Parlant de l'énergie hydraulique, la pensée est moins ferme, et c'est toujours la notion d'étalon économique fictif qui subsiste.

« Lorsque l'énergie est d'origine hydraulique, les Cahiers des Charges prévoient en général un terme correctif, afin que les tarifs puissent s'adapter aux variations des différentes charges suivant la situation économique ».

Pour supprimer cette sensibilité excessive des tarifs aux variations indiciaires, il convenait de *consolider*, sous forme d'une constante additionnelle à l'ancien tarif de base, toute la hausse acquise, ce qu'il était possible de faire depuis la stabilisation monétaire.

Le terme correctif prenait donc la forme :

$$T = a + n (I - I_0)$$

où a représente la valeur actuelle du terme correctif, le deuxième terme $n (I - I_0)$ s'ajoutant à la hausse consolidée ou s'en retranchant, suivant que l'index I serait supérieur ou inférieur à l'index actuel I_0 . Dans ces conditions, il devenait possible de ramener le coefficient n à la valeur strictement nécessaire pour « couvrir les variations de charges dues au cours du combustible », ainsi que le prescrivait la circulaire. Quant à l'élément salaire, il intervient également dans le calcul de I , mais sous une formule telle que ses variations propres ΔS multipliées par le coefficient n , représentent aussi exactement que possible les variations vraies du poste correspondant dans le coût de production.

La circulaire de 1928 prévoyait très justement que ces index ainsi révisés « s'adapteraient vraisemblablement mal à de trop grandes variations de la situation économique générale, et que si de telles variations se produisaient, il serait souhaitable qu'un terme correctif nouveau puisse être déterminé en connaissance des éléments de la situation nouvelle ».

Ces révisions périodiques, confiées à trois arbitres, dont l'un est nommé par le concessionnaire, un autre par l'autorité concédante, et le troisième par le Président du Comité d'électricité, devaient se borner à « maintenir les tarifs

en harmonie avec les charges de l'entreprise suivant les variations des circonstances économiques du pays ».

Mais, en aucun cas, ces arbitres, n'avaient à tenir compte des résultats effectifs de la gestion de l'entreprise, non plus que des progrès techniques spéciaux à l'entreprise, du développement de la consommation obtenu grâce à l'activité commerciale du concessionnaire, etc... En d'autres termes, ces révisions périodiques ne doivent pas aboutir à « consolider » le bénéfice de l'entreprise. Elle n'ont pas d'autre but, suivant le principe général de la tarification indiciaire, que de le soustraire aux variations des conditions économiques générales, envers lesquelles l'habileté technique et l'activité commerciale du concessionnaire ne sauraient exercer aucune influence.

En fait, ces révisions périodiques, pratiquées localement sous forme de compromis, se sont vite révélées inopérantes, et les « variations de la situation économique générale » que redoutait la circulaire de 1928, ont été, par suite de la crise mondiale, d'une telle amplitude, qu'une nouvelle refonte du système n'a pas tardé à s'imposer.

Telle a été la mission confiée à une sous-commission, constituée en novembre 1932, par la Commission des distributions d'énergie électrique du ministère des Travaux Publics, à la suite des réclamations de plus en plus nombreuses que soulevait l'application des index.

c) Les nouveaux index économiques électriques.

Les travaux de cette sous-commission ont abouti au début de l'année 1934, à l'établissement de nouveaux index économiques électriques, qui doivent servir de point de départ, à une diminution générale des prix de l'électricité.

Il a été établi quatre catégories de distributions-type, chacune d'elles étant caractérisée par un prix de revient moyen forfaitaire qui lui est propre :

En haute tension :			
pour l'énergie	d'origine thermique	0, 0014	(0, 75 C + 17 S)
—	— hydraulique	0, 0010	(0, 75 C + 17 S)
En basse tension :			
pour l'énergie	d'origine thermique	0, 0020	(0, 75 C + 45 S)
—	— hydraulique	0, 0014	(0, 75 C + 45 S)

les index proprement dits étant les binômes entre parenthèses.

Quant aux termes correctifs, ce sont comme auparavant, les variations des index-binômes, caractéristiques de chaque catégorie, multipliées par un coefficient de sensibilité qui, lui peut varier, suivant le mode d'alimentation du réseau et son importance, pour la haute tension de 0,0014 limite supérieure se rapportant à des réseaux uniquement alimentés au moyen d'usines thermiques, mais déjà d'une certaine importance, jusqu'à 0,0010, limite inférieure, correspondant à une alimentation uniquement hydraulique pour un réseau de faible importance. Les coefficients de sensibilité pour la basse tension varient dans les mêmes conditions de 0,0020 à 0,0014.

Les principes n'ont donc pas varié. Les nouveaux index sont toujours des étalons économiques représentatifs du coût de production, dans lesquels il entre une grande part de réalité, quand il s'agit d'énergie d'origine thermique, mais, presque exclusivement conventionnels et fictifs quand il s'agit d'énergie de provenance hydraulique. Tout comme sous le régime de la circulaire du 15 février 1928, il existe au sein de chaque grande catégorie, haute tension ou basse tension, un rapport constant entre les valeurs numériques de l'élément charbon et de l'élément salaire. Enfin, les coefficients d'index que nous appelons coefficients de sensibilité, n'ont pas été sensiblement modifiés, puisque la circulaire de 1928 avait déjà prescrit que ces « coefficients d'index soient ramenés à des valeurs faibles ne dépassant en tous cas pas 0,001 en haute tension et 0,002 en basse tension ».

Quelles sont donc les innovations introduites par le régime des nouveaux index ? Elles tiennent à la structure des index eux-mêmes, à leur valeur absolue et au mode de calcul des variables indiciaires C et S.

Ces 2 variables étant toujours sous l'un et l'autre régime, C, prix de la tonne de charbon et S, salaire moyen horaire, des différences importantes apparaissent quant à la valeur numérique des index-binômes, d'une part, du rapport de leurs éléments constitutifs, d'autre part.

Pour un même prix de la tonne de charbon, $C = 100$ fr., et un même salaire horaire moyen, $S = 5$ fr., les index

eussent été sous le régime de la circulaire du 15 février 1928 :

En haute tension :

$$\begin{aligned} I_{HT} &= C + 22,82 S + 25 \\ &= 100 + 114,1 + 25 = 239,1 \end{aligned}$$

En basse tension :

$$\begin{aligned} I_{BT} &= C + 53,57 S + 60 \\ &= 100 + 267,85 + 60 = 437,85 \end{aligned}$$

valeurs numériques, qui, multipliées par le coefficient d'index n , donnaient, après y avoir ajouté la constante de stabilisation, le terme correctif lui-même (voir page 223).

Pour une valeur $n = 0,001$ en haute tension, et $n = 0,002$ en basse tension, une variation indiciaire de 10 % se répercutait donc sur le terme correctif par une variation de 0,02141 par kwh en haute tension et une variation de 0,07357 en basse tension.

De plus, la valeur de l'élément charbon représentait 42 % de l'index haute tension et 23,4 % de l'index basse tension pour les valeurs de C et S prises comme exemples.

Avec le nouveau régime qui vient d'être mis en vigueur, ces index seront :

En haute tension :

$$\begin{aligned} I_{HT} &= 0,75 C + 17 S \\ &= 75 + 85 = 160 \end{aligned}$$

En basse tension :

$$\begin{aligned} I_{BT} &= ,75 C + 45 C \\ &= 75 + 225 = 300 \end{aligned}$$

En conservant, pour poursuivre la comparaison, la même valeur du coefficient d'index n , c'est-à-dire 0,001 en haute tension et 0,002 en basse tension, une variation indiciaire de 10 % se répercutera maintenant sur le terme correctif par une variation de 0,016 par kwh haute tension au lieu de 0,02141 précédemment, et une variation de 0,06 en basse tension au lieu de 0,07357.

Enfin, la valeur de l'élément charbon représente 47 % de la valeur de l'index en haute tension au lieu de 52 % et 25 % en basse tension au lieu de 23,4 %.

Une même variation indiciaire provoquera donc désormais une variation du prix de vente qui sera les 75/100 de ce qu'elle aurait été antérieurement, en haute tension,

et les 82/100 en basse tension. La sensibilité des index est donc moins grande.

De plus, les éléments de base S et C n'ont plus sous le nouveau régime la même signification qu'auparavant.

Le salaire S sera un salaire horaire moyen *national*, c'est-à-dire qui sera le même dans toutes les régions. Mais, au lieu de conserver comme précédemment le salaire horaire moyen réellement payé dans l'industrie électrique, on en prendra la moyenne avec le salaire moyen de trente huit professions masculines publié par la statistique générale de la France.

Sous le régime de la circulaire du 28 mars 1920, le prix de la tonne de charbon était fixé périodiquement par le Ministre des Travaux Publics, d'après la valeur réelle des charbons arrivés aux usines centrales. En fait, les prix étaient évalués suivant des qualités-types, considérées comme des baromètres économiques de l'industrie charbonnière, alors que les qualités marchandes réellement utilisées étaient quelquefois toutes différentes. C'était ce qu'on appelait, non sans quelque humour, le charbon « ministériel ».

Sous le nouveau régime, qui sera défini par des textes administratifs en ce moment en préparation, le charbon sera un charbon réel, complètement extérieur à l'industrie électrique, et sera défini comme étant le charbon moyen que serait susceptible d'employer un industriel un peu important de la région considérée pour produire lui-même du courant sous une puissance de 200 à 400 kilowatts.

La détermination de ces prix se fera d'ailleurs sur la proposition d'une sous-commission d'instruction de 24 membres, comprenant 8 représentants des Pouvoirs Publics, 8 représentants des distributeurs, et 8 représentants des consommateurs. Chaque sous-commission déterminera donc un prix dit « régional ».

Dans ce but, la France a été divisée en 21 régions charbonnières, et pour quatre d'entre elles :

- 1^{re} région : Nord, Pas-de-Calais, Somme, Aisne ;
- 2^e région : Seine-Inférieure, Eure, Calvados ;
- 3^e région : Ardennes ;
- 4^e région : Moselle

à alimentation exclusivement thermique, le prix de la tonne de charbon sera déterminé régionalement, comme il vient d'être dit ci-dessus.

Pour les dix-sept autres régions, à alimentation mixte, le prix de la tonne de charbon entrant dans l'index sera la moyenne du prix régional, et du prix de la tonne de charbon dit « national ». Ce prix de charbon « national » sera obtenu en faisant la moyenne forfaitairement pondérée, des prix des charbons régionaux, la région n° 1 et la région n° 7, (Oise, Seine-et-Marne, Seine-et-Oise et Seine) comptant pour deux. On obtient ainsi un prix d'une grande stabilité, qui amortit les variations locales accidentelles des charbons régionaux.

Enfin, les nouveaux index se sont attachés beaucoup plus que ne le faisaient les anciens, à tenir compte, dans le choix du coefficient n , du mode d'alimentation des concessions hydrauliques ou thermiques, et de l'importance de la distribution.

En conservant les mêmes valeurs numériques de C et de S , et en prenant les hypothèses extrêmes d'un réseau important à alimentation exclusivement thermique ($n = 0,0014$ en haute tension et $0,002$ en basse tension) et d'un réseau peu important à alimentation exclusivement hydraulique, ($n = 0,0010$ en haute tension et $0,0014$ en basse tension), les variations limites du terme correctif, et par conséquent du prix de vente, pour une même variation indiciaire de 10 %, sont :

En haute tension : 0,0224 et 0,016

En basse tension : 0,06 et 0,042,

ce qui veut dire que, dans les hypothèses extrêmes où nous nous sommes placés, le kwh d'origine thermique sera frappé, en haute tension, par exemple, d'une variation de prix de vente de 0,0224 quand le kwh d'origine hydraulique sera frappé d'une variation de 0,016. En pratique, les écarts seront même moins accentués, car le petit réseau à alimentation hydraulique pour lequel $n = 0,001$, sera presque toujours une région montagneuse éloignée des centres miniers et où, même en tenant compte des nouvelles règles pour la détermination de C , le prix du charbon sera plus

élevé que dans un grand secteur d'une région minière à alimentation exclusivement thermique.

Quelle va être, en admettant ces écarts extrêmes, la répercussion résultante sur le coût de production ?

En supposant, pour fixer les idées, un prix de revient aux bornes des usines génératrices de 0,10 le kwh, pour l'énergie d'origine hydraulique, dans le cas d'une chute à 3.500 fr. le kw installé, de 0,144 dans le cas d'une chute à 5.500, ce qui correspond dans les deux cas à une utilisation de 4.820 h. (voir page 190), et un prix de revient de l'énergie d'origine thermique calculé également dans les deux hypothèses A et B que nous avons admises pour exemple (voir page 113), les quatre prix de revient ainsi retenus se décomposent de la façon suivante :

	Energie hydraulique		Energie thermique	
	kw=3.500	kw=5.500	Hyp. A	Hyp. B
Combustible	0.000	0.000	0.056	0.090
Entretien et exploitation	0.039	0.050	0.025	0.025
Charges financières et fiscales	0.061	0.094	0.028	0.028
	0.100	0.144	0.109	0.143

Si l'on suppose que la distribution en haute tension se fait dans l'un et l'autre cas, par deux réseaux identiques donnant lieu à 8 % de pertes, et chargeant le kwh distribué de 0,10 de frais, comprenant 0,025 de frais d'exploitation et 0,075 de charges financières ou fiscales, ces quatre prix de revient deviennent respectivement :

	Energie hydraulique		Energie thermique	
	kw=3.500	kw=5.500	Hyp. A	Hyp. B
Combustibles	0.000	0.000	0.061	0.098
Entretien et exploitation	0.067	0.079	0.052	0.052
Charges financières et fiscales	0.141	0.177	0.105	0.105
	0.208	0.256	0.218	0.255

Une variation des éléments indiciaires, charbon et salaires

de 10 % entraînera, on peut légitimement l'admettre, une variation semblable, sur les postes du prix de revient qui dépendent de ces éléments, c'est-à-dire la dépense de combustibles et les frais d'exploitation, tous les autres éléments de ces frais d'exploitation qui ne sont pas des salaires étant supposés suivre la même variation.

Quant aux charges financières, elles restent fixes, et il en sera généralement ainsi pendant une période relativement longue, durant laquelle les variations concomitantes du loyer de l'argent qui auraient pu se produire, n'auront pas eu le temps d'entraîner aucune modification des charges financières par voie de conversion ou de nouveaux emprunts.

Dans ces conditions, les prix de revient vont subir les variations respectives suivantes :

	Energie hydraulique	Energie thermique
Variations du coût de production	0.0067 0.0079	0.0113 0.0150
Variations du prix de vente :	0.016	0.0224

correspondant à des variations du prix de vente, de 0,016 et 0,0224, que nous avons calculées page 228 pour cette même variation de 10 % des éléments indiciaires, en soulignant de nouveau que pour les usines hydrauliques, la variation de 0,016 ne peut être qu'un minimum, puisque, d'une part, le coefficient de sensibilité 0,001, auquel elle correspond, est lui-même un minimum, et que, d'autre part, dans les petits réseaux à alimentation exclusivement hydraulique, le prix de la tonne de charbon aura bien des chances d'être plus élevé que dans les grands réseaux à alimentation thermique. Pour la même raison, la variation de 0,0224, calculée pour les réseaux thermiques, ne peut être qu'un maximum puisque le coefficient de sensibilité auquel elle correspond est lui-même un maximum.

Compte tenu de cette réserve, qui ne peut qu'accentuer les conclusions qui vont suivre, on voit que les variations du coût de production imposées à l'énergie hydraulique par une variation des éléments indiciaires de 10 % représentent de 42 à 49 % de la variation concomitante du prix de vente, tandis que les variations imposées au coût de

production de l'énergie thermique par cette même variation indiciaire représentent de 50 % à 67 % de la variation du prix de vente correspondant.

Enfin, les dénominateurs de ces rapports, 0,016 pour l'énergie hydraulique, 0,0224 pour l'énergie thermique, ne peuvent, dans les hypothèses intermédiaires, le premier qu'augmenter, le second que diminuer, ce qui ne fera qu'accroître l'écart des deux zones 42 — 49 % et 50 — 67 %, qui, dans ces conditions, ne pourront jamais chevaucher ⁵.

Nous n'avons évidemment pas pénétré les secrets des prix de revient des grandes sociétés de production et de distribution d'électricité. Nous ne croyons pas cependant nous être beaucoup écarté de la réalité, et nous pensons pouvoir conclure que le régime instauré par les nouveaux index économiques électriques de 1934 aura plutôt tendance à favoriser les entreprises hydrauliques en période de hausse des prix, en leur permettant de profiter de hausses des prix de vente qui paraissent très supérieures aux hausses concomitantes des prix de revient, pour autant du moins que cette hausse n'intéresse pas les charges financières, alors que, pour les usines thermiques, il semble y avoir une meilleure correspondance entre les hausses du prix de vente et les hausses du coût de production. Il est tout à fait admissible que la hausse subie par le coût de production soit de l'ordre de 70 à 75 % de la hausse autorisée sur le prix de vente, ainsi que cela paraît être le cas pour l'énergie thermique, puisque tel doit être en gros le rapport du coût de production au prix de vente. Mais, pour l'énergie hydraulique, ce rapport dont nous avons indiqué au contraire les limites supérieures, paraît devoir être beaucoup plus faible.

Par contre, en période de baisse persistante des prix, qui n'entraînerait pas à bref délai un allègement des charges financières, les entreprises hydrauliques dont les installations ont été édifiées pendant la période de hausse des prix et dont les charges financières sont encore lourdes seraient en état de sérieuses infériorité puisque à l'inverse la baisse du coût de production ne représenterait qu'une

5. Ces résultats n'ont bien entendu qu'une valeur de comparaison.

fraction assez faible de la baisse imposée sur le prix de vente, inférieure au rapport entre le coût de production et le prix de vente, et qu'ainsi la marge bénéficiaire risquerait de se trouver absorbée, sinon transformée en perte. Cela n'a pas grande importance quand les variations indiciaires sont tantôt négatives, tantôt positives, c'est-à-dire lorsque l'indice oscille de part et d'autre de l'indice de base, à supposer qu'à cet indice de base correspondent des prix de vente laissant aux entreprises une marge bénéficiaire normale.

Mais précisément, il ne peut en être ainsi car si l'indice économique est unique pour une région déterminée et si par conséquent les variations indiciaires du prix de vente sont identiques pour toutes les entreprises d'une catégorie déterminée, les prix de vente *réels* sont loin d'être identiques, et une même variation indiciaire, sans importance, pour une entreprise ayant réussi à maintenir des tarifs exagérés, bien qu'étant inférieurs aux tarifs maxima, serait préjudiciable à telle autre qui, dans un louable esprit commercial, aurait mieux ajusté ses tarifs. Ainsi, la substitution brutale des nouveaux index aux anciens, qui du reste ne peut se faire que par le consentement mutuel de l'autorité concédante et des concessionnaires actuellement en titre, risquerait d'être très préjudiciable aux entreprises, entrées de leur plein gré dans la voie des aménagements de tarifs et dont les marges bénéficiaires sont déjà réduites.

C'est pour éviter cet inconvénient que l'Administration a décidé, en attendant que s'opère ce travail de révision des tarifs, de procéder à la substitution, en introduisant à côté des nouveaux index une constante de raccordement calculée dans chaque région, de façon telle que sa valeur ajoutée au nouvel index, donne la valeur qu'aurait eue à ce moment l'ancien index.

Ainsi, il n'y aura pas de discontinuité au passage des anciens index aux nouveaux, en échange de quoi les producteurs et les distributeurs ont pris des engagements précis concernant la révision des tarifs.

Par suite de cette solution transactionnelle et tant qu'elle restera en vigueur, le risque que nous signalions précédem-

ment en période de baisse de longue durée, pour certaines entreprises hydrauliques, est peu à redouter, puisque, ainsi que l'avait déjà fait la circulaire du 15 février 1928, l'introduction de la constante de raccordement a pour résultat de consolider une fraction de même valeur du prix de vente, en la soustrayant désormais aux variations indiciaires.

En d'autres termes, le seul résultat tangible de la réforme en substituant aux anciens index des index de valeur absolue plus faible, tout en évitant une baisse générale et brutale des prix de vente, grâce à la fraction consolidée de la constante de raccordement, sera de rendre les prix désormais moins sensibles aux variations des éléments de base.

Il nous restera à examiner dans la section suivante dans quelles conditions s'est amorcée, depuis le 1^{er} juillet 1934, la baisse générale des tarifs qui était la condition mise par les Pouvoirs Publics à ce *modus vivendi*.

Section II

La formation des prix de vente

A la suite de l'étude qui vient d'en être faite, le marché de l'électricité apparaît comme un marché libre, réglementé, et où, derrière le rideau des tarifs maxima, les prix peuvent en principe se former librement par le jeu de l'offre et de la demande. Les transactions contractuelles sont ici la règle, même pour la vente au détail, et il n'y a pas de consommateur si petit soit-il, qui ne doive souscrire une police d'abonnement, constituant un véritable contrat.

En fait, le jeu de la loi de concurrence est fortement atténué, pour ne pas dire annihilé, par le système de la concession, qui imprime aux distributions d'énergie électrique le caractère de services publics, et en font de véritables monopoles de fait.

Après avoir rappelé brièvement, sous un premier paragraphe, les différents modes de tarification, nous étudierons, sous un deuxième paragraphe, sous quelles influences se forment les prix de vente et les caractères généraux qu'on

peut leur attribuer ; enfin, dans un troisième paragraphe, nous examinerons la nouvelle politique qui semble devoir être suivi en matière de prix, dans le but d'étendre les débouchés.

§ 1. *Différents modes de tarification*

a. La vente à forfait. — C'est le procédé le plus simple. Le prix est fixé par unité de puissance maximum et par an (ou par mois) et la puissance maximum est évaluée contradictoirement d'après la consistance de l'installation. Ce mode de tarification qui convenait très bien pour de petites centrales hydrauliques dont les excédents de puissance étaient inutilisables, est à rejeter lorsque l'énergie distribuée est d'origine thermique ou lorsque les excédents de la centrale hydraulique peuvent être utilisés d'une façon quelconque. L'usage immodéré du courant, tant que la puissance maximum payée n'est pas dépassée, est licite, mais conduit forcément au gaspillage.

b. La vente au compteur d'énergie. — « Cette tarification a les excès inverses de la précédente : elle incite l'abonné à restreindre son utilisation, car le prix de l'unité d'énergie est nécessairement élevé puisqu'il doit couvrir toutes les charges, aussi bien les charges fixes que les charges proportionnelles. Un tel prix décourage les abonnés à forte utilisation qui paient plusieurs fois leur part de frais fixes.

Il est au contraire toujours trop faible pour les abonnés qui ne consomment d'énergie qu'au moment de la pointe, et qui nécessitent les mêmes puissances installées à la centrale et sur le réseau, que ceux qui ont une forte utilisation, tout en ne donnant lieu qu'à une faible recette pour le secteur »⁶.

C'est pour éviter, en partie tout au moins, ces inconvénients que l'on introduit dans les polices d'abonnement, une clause de minimum d'utilisation, qui réintroduit en échange une partie des inconvénients de la vente à forfait. Aussi, le minimum de consommation est-il en général assez mal vu du consommateur, qui, lorsqu'il ne l'atteint

6. Ailleret, *op. cit.*, D. 87.

pas, se plaint d'avoir payé ce qu'il n'a pas effectivement consommé.

c. *Le tarif binôme.* — Le tarif binôme permet au contraire de concilier les avantages des deux tarifications précédentes, tout en supprimant leurs défauts respectifs.

Il résulte de la superposition d'un tarif à forfait et d'un tarif au compteur ; il comprend :

1° un « élément puissance » ou « prime fixe » qui est le produit d'un prix p par kva de puissance souscrite et par an, par cette puissance P ;

2° « un élément énergie » ou prix proportionnel qui est le produit d'un prix e par kwh , par l'énergie E effectivement consommée.

Dès lors, le prix moyen réellement payé peut s'établir, soit en considération de l'énergie, soit en considération de la puissance.

Pour le premier cas, il est égal à :

$$\frac{eE + pP}{E} = \frac{p}{U} e + \frac{p}{U}$$

où U est l'utilisation, c'est-à-dire le quotient $\frac{E}{P}$

Dans le second cas :

$$\frac{eE + pP}{P} = p + eU$$

On voit que, dans le cas des fortes utilisations, le prix réel par unité d'énergie réellement consommée se rapproche de e et a pour limite $e + \frac{p}{8760}$. C'est la tarification au compteur qui prédomine.

Dans le cas des faibles utilisations au contraire, le prix réel par unité de puissance souscrite se rapproche de p , qu'il a pour limite lorsque l'utilisation est nulle. C'est la tarification à forfait qui l'emporte.

Ce système est extrêmement souple, car il permet, suivant les réactions particulières de la clientèle, suivant ses préférences générales pour l'un ou l'autre des deux systèmes-limite à forfait ou au compteur, de faire varier p et e , et de répartir les charges de l'entreprise dans un esprit commercial.

En particulier, le système peut fort bien se prêter à une

tarification dégressive qui encourage les fortes utilisations. Le prix par unité d'énergie réellement consommée est alors de la forme :

$$e + \frac{p_1}{U_1} + \frac{p_2}{U_2} + \frac{p_3}{U_3}$$

p_1 , p_2 , p_3 étant des tarifs par unité de puissance, dégressifs pour des utilisations par tranches de 200 à 250 heures de la puissance du compteur par exemple lorsqu'il s'agit d'éclairage, ou de 800 en 800 heures pour la force motrice basse tension.

Le tarif binôme est maintenant tout à fait généralisé pour la force motrice. Il commence à être compris du grand public et à pénétrer dans la tarification de l'éclairage.

d. La tarification horaire. — Ce mode de tarification, peu répandu en France, sauf pour les grosses fournitures, mais qui est exclusivement employé dans certaines villes suisses, fait intervenir, pour modifier le tarif, ce que nous avons appelé, page 200, « l'opportunité » de l'énergie demandée ou offerte, suivant l'heure de la journée ou même la saison. Un compteur change-tarifs commandé par une horloge, fait varier les tarifs suivant un horaire déterminé contractuellement, ou, ce qui serait mieux encore, laisserait cette modification d'horaire, suivant une certaine latitude convenue, à la discrétion du distributeur. Ce dernier pourrait alors, par des émissions de courant à haute fréquence sur le réseau lui-même, provoquer les changements de tarifs suivant l'opportunité de l'énergie qu'il est en mesure d'offrir. Il aurait par exemple la faculté d'interrompre certaines utilisations à tarif réduit, dans le cas d'une anticipation accidentelle de l'heure des pointes ou au contraire provoquer ou prolonger ces utilisations à tarif réduit si, par suite d'une crue subite, les centrales hydrauliques qui l'alimentent disposaient d'un excédent momentanément sans emploi. Ce serait l'adaptation parfaite, économiquement parlant, des quantités offertes ou demandées et des prix.

Le prix assez élevé de ces appareils et les mises au point qu'ils nécessitent encore, ont jusqu'à maintenant empêché la généralisation de leur emploi.

§ 2. *Formation des prix de vente et caractères généraux des courbes de demande*

Comment, derrière le rideau des tarifs maxima et sous l'influence des différents modes de tarification que nous venons d'étudier, se sont formés les prix de vente de l'électricité ?

M. Genissieu, ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées, a consacré à l'étude de cette importante question un très beau travail de recherche statistique publié dans la *Revue générale de l'électricité*⁷.

L'étude de M. Genissieu comporte, quant au groupement des données statistiques, huit divisions, chacune de ces divisions étant caractérisée par une courbe de demande particulière qui exprime la consommation annuelle d'énergie électrique par habitant, en fonction du prix moyen du kilowatt-heure.

Ces huit graphiques, dont nous reproduisons le groupement d'ensemble, fig. 7, se rapportent à :

Graphique 1. — Consommation annuelle d'énergie électrique par habitant pour la force motrice à basse tension, pour les localités de plus de 80.000 habitants.

Graphique 2. — Consommation annuelle d'énergie électrique par habitant pour la force motrice à basse tension, pour les localités de moins de 80.000 habitants dans les départements où les professions agricoles sont en minorité.

Graphique 3. — Consommation annuelle d'énergie électrique par habitant pour la force motrice à basse tension, pour les localités de moins de 80.000 habitants, dans les départements où les professions agricoles sont en majorité, et où il y a moins d'une tête de gros bétail par 3 hectares.

Graphique 4. — Consommation annuelle d'énergie électrique par habitant pour la force motrice à basse tension pour les localités de moins de 80.000 habitants, dans les départements où les professions agricoles sont en majorité et où il y a plus d'une tête de gros bétail pour 3 hectares.

7. « Influence du tarif sur la consommation, la recette et le bénéfice dans la distribution de l'énergie électrique », *Revue générale de l'électricité*, n° des 21 et 28 avril 1934, t. XXXV, p. 529-549 et 659-583.

Graphique 5. — Consommation annuelle d'énergie électrique par habitant pour la lumière et les usages domestiques, pour les localités de 80.000 à 100.000 habitants, compte non tenu de celles de plus de 100.000 habitants.

Graphique 6. — Consommation annuelle d'énergie électrique par habitant pour la lumière et les usages domestiques, pour les localités de moins de 80.000 habitants, dans les départements où les professions agricoles sont en minorité.

Graphique 7. — Consommation annuelle d'énergie électrique par habitant pour la lumière et les usages domestiques pour les localités de moins de 80.000 habitants, dans les départements où les professions agricoles sont en majorité et où il y a moins d'une tête de gros bétail pour 3 hectares.

Graphique 8. — Consommation annuelle d'énergie électrique par habitant pour la lumière et les usages domestiques, pour les localités de moins de 80.000 habitants, dans les départements où les professions agricoles sont en majorité et où il y a plus d'une tête de gros bétail pour 3 hectares.

Il ne s'agit donc pas d'une division en régions géographiques, mais de divers groupements de localités à population différente, mais dont l'activité économique présente les mêmes caractères.

Les graphiques N^{os} 1 à 4 sont relatifs à la force motrice et les graphiques 5 à 8 à la lumière et usages domestiques. Ils se correspondent par paire pour chaque groupe de localités : 1-5, 2-6, 3-7, et 4-8.

Enfin, sur la même figure, ont été tracées en trait ponctué, les courbes représentant la recette brute annuelle par habitant, supposée constante. Le paramètre de chaque courbe est donc égal au produit de leurs deux coordonnées pour chaque point de la courbe.

Une remarque préalable doit être faite quant au choix des coordonnées fait par l'auteur pour le tracé de ces courbes. Les abscisses étant les prix de vente, les ordonnées sont les consommations annuelles par habitant, au lieu d'être les consommations globales, c'est-à-dire le total des quantités demandées pour chaque prix, ainsi qu'on le fait habituellement pour le tracé des courbes de demande dans l'étude de la théorie générale des prix.

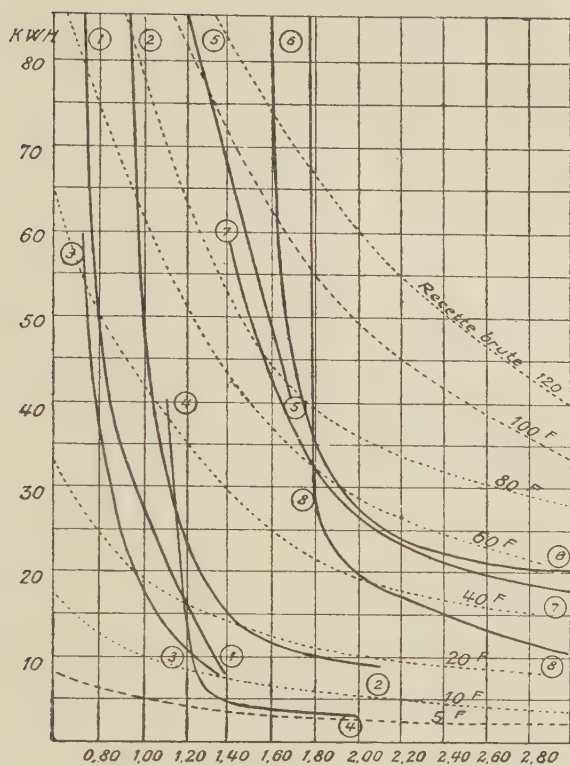


Fig. 7

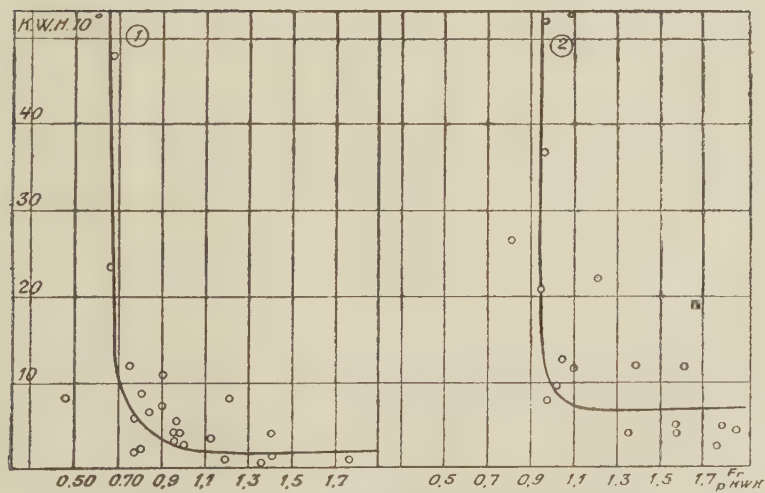


Fig. 8

Un tel changement de coordonnées, qui exprimerait les consommations globales en millions de kwh, ne saurait en tout cas modifier la forme caractéristique des courbes de demandes, si ce n'est pour l'accentuer. Nous l'avons vérifié pour les courbes (1) et (2) que nous reproduisons fig. 8, avec les coordonnées habituelles.

Les courbes de demande qu'a tracées M. Genissieu présentent une forme générale en équerre tout à fait caractéristique et leur interprétation permet de formuler les lois de la demande. Cette forme caractéristique est cependant un peu moins nette pour les courbes du groupe lumière, et cela se conçoit, car les données statistiques qui ont servi à les établir se rapportent à des consommations hétérogènes (lumière et usages domestiques) enregistrées par un même compteur, et qui n'obéissent certainement pas aux mêmes lois. Enfin certaines courbes (1.5.8) sont incomplètes, parce que les prix correspondant aux portions manquantes des courbes ne sont pas pratiquées ^{8 bis}.

Ainsi que le fait M. Génissieu, nous appellerons sensibilité de la consommation au tarif, le coefficient angulaire de la demande $\frac{dq}{dp}$ c'est-à-dire le rapport de la variation de consommation d'énergie à la variation du prix de vente qui l'a produite. C'est une notion que les économistes appellent plus communément élasticité des courbes de demande, en lui donnant parfois une forme analytique un peu différente.

M. René Roy ⁸, dans une étude théorique des lois de la demande, aboutit à une relation différentielle entre les variations élémentaires des prix et de la consommation :

$$\lambda = - \frac{\frac{dQ}{Q}}{\frac{dP}{P}}$$

où λ , coefficient d'élasticité de la courbe de demande $Q = f(P)$, est le rapport changé de signe des différentielles

8. « Les lois de la demande » *Revue d'Economie politique*, juillet-août 1932, p. 1190 et suiv.

^{8 bis}. Sur la fig. 7, la courbe (8) possède une branche verticale tracée par erreur.

logarithmiques des quantités et des prix qu'on peut assimiler en pratique aux variations relatives de P et de Q exprimées en pourcentages. Sous une forme analytiquement plus précise, c'est la même idée.

On note donc pour chaque courbe :

1° une *partie presque horizontale* correspondant à la zone des consommations réduites pour la satisfaction de besoins impérieux indifférents aux prix. Aussi la sensibilité ou élasticité est-elle très faible. C'est la politique des hauts tarifs où le bénéfice est recherché en vendant peu mais à tarif élevé. L'énergie électrique apparaît dans cette zone comme un bien économique de première nécessité et les baisses de prix exercent une très faible influence sur la consommation, tant qu'elles ne sont pas suffisantes pour faire surgir des besoins nouveaux obéissant alors à une loi différente.

2° une *partie presque verticale* ou franchement verticale raccordée à la précédente par un coude plus ou moins ouvert. C'est la zone de très grande sensibilité de la consommation aux prix, correspondant à des besoins moins impérieux que précédemment, qu'on pourrait cesser de satisfaire si le prix s'élevait quelque peu, mais qui, au contraire, pour une zone de prix très limitée, donnent lieu à des besoins où les pesées psychologiques interviennent pour les traduire par des consommations très différentes. C'est la politique des bas tarifs où le bénéfice est recherché en vendant beaucoup à un prix bas.

Pour chaque courbe, il existe une hyperbole équilatère *d'égale recette* à laquelle elle est tangente, et dans la concavité de laquelle elle est entièrement contenue. Le point de contact, situé dans le coude (quand il y en a un) a pour abscisse ce que M. Genissieu appelle le prix limite de la courbe correspondante. (Cette même appellation est utilisée par les économistes pour désigner le prix prohibitif en dessus duquel toute demande cesse, c'est le point d'intersection de la courbe de demande avec l'axe des abscisses⁹.)

A gauche du prix limite, la partie verticale des courbes coupe des hyperboles d'égale recette de paramètre crois-

9. Notamment, M. Roy, *op. cit.*, p. 1196.

sant, ce qui veut dire que la recette annuelle par habitant croît en même temps que la consommation. Mais si on prolonge cette branche montante, elle en arrive à couper sous un angle de plus en plus aigu, des hyperboles de plus en plus serrées, jusqu'à ce qu'elle épouse le tracé de l'une d'elles. A ce moment-là, la période de saturation commence et la recette annuelle par habitant tend à devenir constante, même si le prix continue à baisser. On doit amorcer ainsi (du moins, n'est-il pas interdit de le supposer tant que les observations statistiques n'ont pas permis de le vérifier) une nouvelle courbe en équerre, commençant par une partie très peu inclinée, et où sont venus se grouper des consommations correspondant à des besoins ayant atteint la satiété, et qui dès lors peuvent bien donner lieu à des consommations constantes, s'ils sont devenus impérieux, et si les usages correspondants sont entrés dans les mœurs, mais qui ne sauraient donner lieu à des consommations plus élevées, tant que des besoins nouveaux n'auront pas surgi.

A droite du prix limite, les branches presque horizontales des courbes de demande ne coupent qu'exceptionnellement les hyperboles d'égale recette, dans le même sens des recettes croissantes (courbe 6 qui comporte quelques prix très supérieurs au prix limite). Le plus souvent, le point de contact est peu précis et la courbe de demande devient hyperbolique sur une portion très étendue, à laquelle correspondent par conséquent des recettes annuelles et par habitant constantes, même avec des prix croissants; c'est une autre zone de besoins impérieux, sinon complètement indifférents du moins peu sensibles aux prix, puisque l'accroissement des tarifs entraîne une baisse de la consommation individuelle tout juste suffisante pour que la recette ne change pas. Les besoins sont plus impérieux et tout à fait indifférents aux prix dans le cas exceptionnel de la courbe (6) où, en dépit de l'accroissement des tarifs, les consommations elles-mêmes restent constantes, entraînant par conséquent une hausse de la recette. C'est une politique de hauts tarifs qui réussit bien, mais c'est, on le voit, très exceptionnel.

Ces prix-limites, qui lorsqu'ils existent nettement,

donnent lieu pour le groupe économique étudié, au minimum de recette annuelle par habitant, paraissent être de l'ordre de : 1,60 le kwh dans les régions d'élevage, de 1,70 dans les autres régions agricoles, et 1,80 dans les régions industrielles.

La sensibilité *moyenne*, déterminée entre le prix limite (ou le prix maximum quand il n'y a pas de prix limites, courbes 1 et 5) et le prix minimum est de 2,35 kwh par centime pour la courbe (1), 1,59 kwh pour la courbe (2), 0,54 pour la courbe (3), 0,74 pour la courbe (4), ce qui veut dire que l'effet des baisses de prix sur la consommation est moins bien marqué à la campagne à laquelle conviendront les différenciations de tarif beaucoup plus que leur réduction générale.

Parallèlement, pour les courbes 5 et 8, de la consommation lumière et usages domestiques, on constate la même diminution de la sensibilité moyenne, qui passe de 1,06 kwh pour les villes de 80.000 à 100.000 habitants (courbe 5) à 0,76 kwh (courbe 6) 0,40 kwh (courbe 7) 0,16 kwh (courbe 8).

Enfin, pour une région donnée, les prix limites au-delà desquels on passe dans la région des consommations plus sensibles, sont toujours plus élevés pour la lumière que pour la force motrice, ce qui montre que les besoins sont plus impérieux et que c'est à partir d'un prix beaucoup plus élevé qu'ils cessent d'être indifférents aux prix.

Pour les villes de plus de 100.000 habitants, il n'a pu être tracé de graphique; les points figuratifs sont très éparpillés et la consommation d'énergie pour la lumière et les usages domestiques ne paraît y obéir à aucune loi apparente. L'étude statistique devrait être divisée par catégories plus restreintes (commerce de luxe, boutiques, éclairage public, appartements privés). Mais il semble bien que l'éclairage soit une nécessité qui s'impose à tous, quel que soit le prix. Dans les petites villes, au contraire on regarde à la dépense et dans les régions agricoles, le souci d'économie est encore plus accentué, car la substitution de l'éclairage électrique aux anciens modes s'est faite d'abord à égalité d'éclairage, d'où les faibles consommations actuelles; d'autre part, les travaux ruraux sont en

général peu précis et n'exigent pas les mêmes flux d'éclairage que pour les travaux industriels ou le grand commerce.

Pour conclure, il semble qu'on puisse énoncer comme une loi générale que la consommation et la recette sont élevées quand les prix sont bas, pour tous les usages.

Or, il s'agit encore, dans une très forte proportion, il faut bien le remarquer, d'« usages communs » de l'électricité. Cet effet des bas tarifs sur la consommation et la recette ne pourra donc que s'accroître lorsque les nouveaux usages de l'électricité (applications domestiques et rurales) beaucoup plus sensibles aux prix que les usages communs, se seront généralisés.

« Ces nouveaux usages ne représentent encore qu'une fraction infime de la consommation et leur intervention graduelle ne pourra qu'accroître la sensibilité des courbes en fonction du prix. C'est ainsi qu'en Suisse le prix moyen de l'éclairage (40 kwh par habitant et par an) est de l'ordre de 1,90 en francs français (donc relativement élevé); celui des petits moteurs domestiques (1 kwh) de 1,10; des divers petits appareils thermiques domestiques (23 kw) de 0,60; des appareils de cuisine (29 kwh) de 0,35; des chauffe-eau (64 kwh) de 0,19; chaque abaissement de tarif provoque, non seulement l'accroissement de la consommation des usages anciens, mais encore l'apparition de nouveaux usages ¹⁰ »

On est porté à conclure que ce qui est vrai dans l'espace est vrai dans le temps, et que, dans un réseau donné, il suffit au distributeur d'abaisser le prix de vente de l'énergie électrique pour voir augmenter la recette.

Telle est du moins la thèse que soutient M. Genissieu, en prenant la précaution de faire remarquer que les heureux effets de l'abaissement des prix ne peuvent être ni universels, ni immédiats, ni illimités.

Ils ne peuvent être universels, en ce sens qu'ils ne sauraient avoir aucune influence, si ce n'est de provoquer une diminution de la recette, sur les besoins qui ont déjà

10. Genissieu, *op. cit.*, p. 543.

atteint la saturation. Mais on n'en trouverait en France que peu d'exemples.

Ils ne peuvent être immédiats. Il faudra d'abord lutter contre les habitudes anciennes, la routine, laisser à l'esprit d'imitation le temps de jouer, aux méfiances le temps de désarmer. L'usager éventuel a en effet certains frais d'installation à engager, et il ne s'y résoudra pas sans avoir réfléchi un certain temps, qu'il appartiendra dans bien des cas au distributeur d'abrèger, par une propagande tenace, ou par des méthodes commerciales appropriées à la mentalité particulière de la clientèle à laquelle il a à faire, telles que des locations-ventes d'appareils. C'est la période d'attente des pesées psychologiques qui pourra se traduire pour le distributeur par une perte de recette momentanée sur les usagers anciens, tant qu'il n'aura pas conquis un nombre d'usagers nouveaux suffisants.

Enfin, les effets de l'abaissement des prix ne sauraient être illimités. Cet abaissement rencontrera fatalement dans le prix de revient de l'énergie une limite qui ne saurait être franchie, et qu'il n'est de l'intérêt de personne de voir franchir. Mais, dans cette voie, on peut aller très loin, en matière d'énergie hydraulique notamment. Le prix de revient y est pratiquement nul ou tout au moins très faible, dès lors que les frais fixes sont couverts. Et quel est-il au juste, le prix de revient, lorsque, comme dans la période actuelle, l'eau passe sans emploi par dessus les déversoirs ?

Il est intéressant de rapprocher de la thèse soutenue par M. Genissieu, la conclusion à laquelle aboutit M. René Roy, dans son étude précitée des lois de la demande¹¹ : « Les dits exemples semblent également prouver, conclut M. Roy que tout abaissement de tarif se traduit par une diminution de la recette brute, malgré l'accroissement de la consommation provoqué par l'abaissement des tarifs ».

Les exemples choisis par M. Roy se rapportent à la consommation du vin pour la période de 1884 à 1913, aux tarifs postaux, au gaz d'éclairage, aux transports.

Pour le gaz d'éclairage, par exemple, M. Roy remarque qu'à la suite de la baisse des prix du mètre cube de 0,30 à

11. M. René Roy, *Les lois de la demande*, op. cit., p. 1213.

0,20 effectuée en 1903, la consommation est passée de l'indice 100 en 1903, à l'indice moyen de 130 pendant les cinq années qui ont suivi, alors qu'avec la progression normale de la consommation dans les cinq années précédentes, 2,5 % par an, elle eut dû être de 112,5. Il y avait donc bien augmentation de consommation, mais dans le même temps, la recette était passée de $112,5 \times 0,3 = 33,75$ à $130 \times 0,2 = 26$.

Pour les tarifs postaux, la réforme des tarifs de 1848 avait entraîné un déficit qui ne put être comblé qu'en cinq ans, malgré une augmentation de trafic de 31 %.

De même en 1878, le tarif des lettres passe de 0,25 à 0,15. Pendant les années 1876 à 1878 inclus, la moyenne des lettres transportées avait été de 403 millions, soit une recette annuelle moyenne de 100 millions. Pendant les trois années suivantes, la recette devient :

$0,15 \times 534,4$ millions = 80 millions de fr.
 puis $0,15 \times 615,5 = 92$ millions dans la période triennale 1882-1885 et en 1885, elle n'est encore que de 96 millions avec 641 millions de lettres transportées. Il a fallu sept années pour retrouver la même recette.

Semblable constatation peut être faite à propos de la baisse de tarif de l'année 1906, de 0,15 à 0,10.

La recette moyenne annuelle de la période triennale 1903-1905 avait été de 163 millions, et il faut attendre l'année 1912 pour retrouver une recette de 161 millions au nouveau tarif, et 1913 une recette supérieure avec 175 millions. L'attente avait encore été de sept années.

M. Genissieu n'a pas été cependant sans remarquer cette particularité qui frappe surtout les denrées alimentaires d'usage courant, et il cite pour le vin les 2 chiffres extrêmes de la campagne 1926-1927 pendant laquelle il avait été consommé 44.300.000 hectolitres à 211 fr. soit une recette de 9.347 millions, et celui de la campagne précédente 1925-1926, où, pour une consommation plus élevée de 53.400.000 hectolitres à 84 fr. la recette n'avait été que de 4.485 millions.

Il n'est pas niable cependant que la consommation du gaz d'éclairage doive présenter une grande similitude avec celle de l'électricité car elles sont destinées à satisfaire des

besoins identiques. L'exemple cité par M. Roy serait donc assez troublant, et il n'est pas douteux que des périodes d'attente aussi longues de cinq à sept années feraient réfléchir les compagnies de distribution.

Y aurait-il donc contradiction entre les opinions des deux auteurs ? Nous ne le pensons pas.

Bien qu'il y ait une certaine similitude de nature entre les besoins de consommation du gaz d'éclairage et de l'électricité, cette dernière est une industrie jeune, dont les applications n'ont certainement pas reçu tout le développement qu'elles peuvent comporter. Les constatations qui valent pour une industrie comme le gaz d'éclairage déjà très évoluée, ne doivent pas forcément être retenues pour une industrie en pleine période de croissance comme l'industrie des applications de l'électricité.

L'allure des courbe de demande obtenues par M. Genissieu à la suite d'un travail de statistique considérable, est une présomption d'exactitude très forte en faveur de sa thèse et il est de plus très intéressant de noter, ainsi qu'il le fait dans son étude, qu'aux Etats-Unis, pays qui consomme beaucoup plus que nous et qui a dix ans d'avance sur nous, les courbes ont la même allure ascendante, ce qui prouve que, même pour des consommations par tête d'habitant bien plus élevées, elles ne sont pas encore parvenues à la saturation. Les courbes dans le temps (Ontario et Milwaukee) sont enfin les mêmes que les courbes dans l'espace¹².

La baisse de tarifs toute récente, décidée à partir du 1^{er} juillet 1934 par quarante-six sociétés desservant plus de vingt quatre millions d'habitants, va d'ailleurs fournir à M. Genissieu une occasion qu'il ne manquera certainement pas de saisir, d'apporter à sa première étude la suite qu'elle comporte.

§ 3. *La politique actuelle des prix*

On entend communément dire, et les producteurs et distributeurs d'électricité ne manquent pas à l'occasion d'en

12. Genissieu, *op. cit.*, p. 582.

tirer argument, que les prix de l'électricité sont en régression très sensible par rapport aux prix d'avant-guerre.

Voici quelques chiffres se rapportant au prix moyen de l'éclairage privé par kwh.

D'après le *Bulletin de la statistique générale de la France* (1927-1928), les prix en 1914, 1920, 1928, pour les principales régions auraient été les suivants :

	1914	1920	1928	Indice 1928 1914 = 100
Nord (y compris Paris)	0, 538	1, 05	1, 607	298
Est	0, 650	0, 80	1, 619	249
Ouest	0, 705	1, 123	1, 663	236
Midi	0, 620	0, 900	1, 374	222
Sud-Est	0, 510	0, 630	1, 272	250
Alsace-Lorraine	0, 503	0, 767	1, 631	323
	0, 57	0, 93	1, 523	267
Indice	100	163	367	

D'après M. Micaneï ¹³, pour les chiffres de 1913 et 1925, et pour 1932, d'après les chiffres que nous avons relevés dans la statistique du service central des Forces hydrauliques et de distribution d'énergie électrique, au 30 juin 1932, la comparaison pour quelques grandes villes françaises fait ressortir des résultats analogues.

	1913	1925	1932	Indice 1932 1913 = 100
Lyon	0, 60	1, 00	1, 00	167
Toulouse	0, 80	1, 11	2, 41	302
Brest	0, 60	1, 19	1, 50	250
Lille	0, 90	1, 22	1, 59	177
Nancy	0, 50	1, 13	1, 55	310

Ainsi, nulle part, le prix de l'électricité n'a dépassé sensiblement le triple de ce qu'il était avant la guerre, alors que l'indice des prix de détail était, fin mars 1934, de 500 (13 articles) 510 (34 articles) d'après la statistique générale de la France et 500 (67 articles) d'après le Comité technique de l'alimentation.

Le prix de la houille est cependant passé dans le même

13. « Les industries de la houille blanche » *Revue d'Economie politique*, 1926.

temps de 20-25 fr. la tonne à 100-120 fr. et les charges d'impôt ont bien souvent décuplé. Mais la consommation spécifique par kwh a été réduite, par les progrès techniques réalisés, tant dans le domaine de la vaporisation que dans celui de la construction des turbo-alternateurs, de 3 kg environ par kwh à 0,9-1 kg en 1919, et à l'heure actuelle pour les surpercentrales les mieux outillées, à 500-750 gr. suivant les conditions de charge.

Par contre, les charges des usines hydrauliques ne semblent pas avoir subi la même régression, mais ce ne saurait être pour elles, ainsi que nous l'avons montré dans le chapitre précédent, qu'un titre d'infériorité toute provisoire.

Cette baisse de 40 à 45 % du prix de vente de l'énergie exprimée en francs-or, n'est pas sans exemple. C'est ce qu'on remarque dans toutes les industries progressives, en particulier l'automobile, où les progrès techniques réalisés ont permis d'obtenir une baisse des prix-or qui doit être du même ordre. Cela n'empêche point les constructeurs automobiles de conjuguer leurs efforts pour obtenir en même temps qu'une amélioration du confort et de la présentation de leurs véhicules, une amélioration continue des prix, dont ils savent bien qu'elle est une des principales raisons de l'accroissement considérable du nombre des voitures vendues.

C'est la politique à laquelle semblent vouloir se rallier les producteurs et distributeurs d'énergie électrique, déférant en cela aux injonctions des Pouvoirs Publics.

La circulaire ministérielle du 26 décembre 1932 posait déjà un certain nombre de principes qu'il est bon de rappeler.

Si, reconnaissait la circulaire, les tarifs pratiqués en France sont notablement inférieurs à ceux des nations voisines, les tarifications étrangères sont souvent plus variées et plus souples ¹⁴.

Les tarifs maxima fixés par la plupart des Cahiers des Charges actuellement en vigueur, ne sont que des tarifs spéciaux indépendants des multiples facteurs qui, aux yeux

14. Voir ci-dessus, page 244 les tarifs pratiqués en Suisse pour divers usages.

des consommateurs, déterminent la valeur d'usage de l'énergie électrique.

D'une part, quelques distributeurs ne font que des efforts insuffisants pour aménager des tarifs d'application conformes aux besoins de la clientèle. Certains autres, d'autre part, sont retenus dans leur louable désir de diversifier autant qu'il conviendrait leurs tarifs d'application, par crainte de violer la clause des abaissements de tarifs qui figure dans les Cahiers des Charges type. D'où la nécessité d'insérer dans le texte même de ces Cahiers des Charges des tarifs dits spéciaux, étudiés en considération des besoins économiques qui existent ou qui sont susceptibles de se développer dans la région intéressée. C'est on le voit, le problème de la *différenciation* des tarifs qui est ainsi nettement posé.

La circulaire ne méconnaît nullement l'importance des problèmes financiers qui peuvent ainsi se poser aux concessionnaires et elle précise qu'il ne s'agit pas de leur imposer des tarifs qui, dans leur ensemble, ne tiendraient pas compte des frais généraux, ni des charges financières de la production et de la distribution, mais qu'il faut, au contraire adopter des règles sages, permettant aux concessionnaires de réaliser un bénéfice légitime en vendant à un prix moyen plus bas des kilowatts-heure plus nombreux.

Le tarif ne doit pas suivre le développement de la consommation, ajoute encore la circulaire ; il doit, au contraire le précéder et tendre à le susciter : conclusion qui résume parfaitement le rôle économique que l'on entend voir jouer aux nouveaux aménagements de tarifs.

Cette politique cadrerait parfaitement avec la politique de déflation générale des prix que s'était proposé de pratiquer le Gouvernement de M. Doumergue. Les distributeurs craignaient d'autre part de voir disparaître, pour les contrats nouveaux ou renouvelés, la tarification indiciaire qui est pour eux une garantie de stabilité des prix. Aussi, le Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'énergie électrique prenait l'initiative de recommander à ses adhérents, pour se conformer aux directives données par M. le Président Doumergue, l'adoption de nouveaux tarifs.

Le Président de ce Syndicat en informait M. le Ministre des Travaux Publics par une lettre du 18 juin 1934, où, après un exposé des diverses formules susceptibles de conduire au résultat désiré, il était expressément précisé qu'en aucun cas, la révision des tarifs, ainsi librement acceptée, ne devrait entraîner de nouveaux sacrifices ou des charges supplémentaires, et que notamment le prix total du kwh figurant au Cahier des Charges des concessions, de devrait subir aucune diminution du fait de la substitution du nouvel index à l'ancien. C'est pour y parvenir qu'a été introduite, à côté des nouveaux index, une constante de raccordement, dont nous avons exposé le mécanisme page 232-233.

Enfin, le Président du Syndicat des Producteurs et des distributeurs d'électricité ne manquait pas de rappeler que ces réductions de prix n'étaient consenties qu'à la condition expresse qu'aucune charge nouvelle ne viendrait grever l'industrie de la production, du transport et de la distribution de l'énergie électrique, ce qui impliquait, en particulier, le maintien du régime actuel de la taxe sur le chiffre d'affaires en ce qui concerne l'électricité, et l'abandon des autres projets de taxes spéciales qui avaient été envisagés à certaines époques. Ainsi fut fait, et pour le projet du budget de 1935, M. Germain Martin, ministre des Finances a renoncé à la taxe de 2 % sur les sociétés d'électricité dont il avait été question.

Une première liste d'adhésions aux directives syndicales, comprenant 60 sociétés parmi les plus importantes, a été publiée le 28 juin ; une deuxième le 18 juillet avec 110 nouvelles sociétés. La très grande majorité des producteurs et distributeurs a donc adhéré à cette nouvelle politique des prix.

Dans le même temps, deux circulaires du Ministre des Travaux Publics du 15 juin et du 28 juin 1934 rappelaient aux autorités administratives départementales les principes sur lesquels l'accord avait pu se réaliser.

Il y a lieu de remarquer, dans cette deuxième circulaire, en quels termes sont très nettement précisées les deux situations qui peuvent se présenter quant à la possibilité d'accroître la capacité de distribution des réseaux, et

les conséquences qui pourront en résulter quant à l'application des nouveaux tarifs.

« Lorsque l'état du réseau permet d'envisager sans travaux excessifs de renforcement la distribution de quantités d'énergie supérieures aux consommations actuelles, il sera institué des tarifs spéciaux pour la cuisine et le chauffage de l'eau, et les tarifs généraux pour l'éclairage et la force motrice, subiront des diminutions appréciables.

Lorsqu'il n'en est pas ainsi, et qu'il n'est pas possible par conséquent de chercher à développer, la cuisine et le chauffage, les tarifs généraux subiront des diminutions plus importantes que dans le premier cas ».

Il est permis de penser que, même dans ce dernier cas, le réseau peut se prêter à un certain accroissement de la quantité d'énergie distribuée aux tarifs généraux, car on ne voit pas bien comment, sans cela, le distributeur pourra s'y prendre pour récupérer la perte de recettes résultant du seul abaissement des tarifs.

En fait, à partir du 1^{er} juillet 1934, et pour quarante-six sociétés¹⁵ desservant une population de plus de vingt-quatre millions d'habitants, il sera procédé à la mise en vigueur, soit d'abaissements des tarifs généraux pour l'éclairage et la petite force motrice, soit de tarifications commerciales comportant des tarifs dégressifs et des tarifs spéciaux.

1^{re} formule. — Abaissement des tarifs généraux seulement.

Ces réductions seront effectuées sur la portion des prix de vente pour courant lumière perçus par les distributeurs dépassant : 1 franc dans les communes comptant plus de 100.000 habitants, 1,25 dans celles comptant plus de 10.000 habitants, 1,50 dans celles comptant plus de 2.000 habitants, 1,75 dans celles comptant moins de 2.000 habitants.

La réduction serait de :

10 % sur la première tranche de 50 centimes en excédent des prix ci-dessus ;

15. 124 sociétés parmi celles ayant donné leur adhésion aux propositions syndicales n'auraient donc pas encore appliqué les nouveaux tarifs. Ainsi que l'indiquait la lettre du 18 juin 1934 du Président du Syndicat des Producteurs et distributeurs, il s'agit de sociétés devant procéder à quelques études préalables indispensables. Mais, dans tous les cas, la mise en application des nouvelles tarifications comportera un effet rétroactif à partir du 1^{er} juillet.

20 % sur la deuxième tranche de 50 centimes en excédent des prix ci-dessus ;

30 % sur le surplus.

Dans le cas d'une Ville comme Toulouse, où le kwh d'éclairage se paie 2,40, la réduction serait de 0,27 soit 11 % ; à Paris, où le kwh se paie 1,75, de 0,10 soit 6 % si cette formule devait y être appliquée.

Il est à remarquer que les tranches de base qui ne subiront aucune réduction, vont en croissant au fur et à mesure que diminue l'importance des localités desservies, ce qui, dans une certaine mesure, favorisera les entreprises hydrauliques, puisque leurs régions de prédilection comportent une majorité d'agglomération peu importantes.

Parmi les villes de plus de 100.000 habitants, une seule, Lyon, où le kwh d'éclairage est vendu 1,00, ne subira pas de réduction. Sur 289 localités de plus de 10.000 habitants, reprises à la statistique des prix basse tension, 39 seulement échapperont à la mesure, mais, dans bien des cas, la réduction ne dépassera pas 1 à 2 %.

Pour la force motrice, mêmes règles, les tarifs de départ donnés pour la lumière étant simplement abaissés de 0,25

2^e formule. — Abaissement moindre des tarifs généraux, mais tarifs réduits pour les diverses applications.

Si les concessionnaires estimaient que l'état du réseau leur permet d'envisager sans travaux excessifs de renforcement, la distribution de quantités d'énergie supérieures aux consommations actuelles, ils pourraient opter pour une deuxième formule comportant un abaissement moindre des tarifs généraux, mais en revanche, des tarifs dégressifs ou spéciaux, rangés sous la dénomination de tarifications commerciales.

En ce qui concerne l'abaissement des tarifs généraux, les échelons énoncés dans la formule 1 sont uniformément relevés de 0,50.

Dans ces conditions, sur 16 villes de plus de 100.000 habitants, 8 n'auront pas à modifier leurs tarifs généraux. Sur les 8 autres, la réduction moyenne sera de l'ordre de 1 %, la réduction la plus élevée revenant à la ville de Toulouse avec 5 %.

Or, la plupart des grandes villes pratiquent déjà les

tarifs spéciaux ou dégressifs et appliqueront donc la deuxième formule. Les usagers parisiens, qui sont dans ce cas, devront se contenter d'un rabais de 0,025.

Pour les villes de plus de 10.000 habitants, 92 seulement, sur 289, ont un tarif lumière dépassant 1,75, qui devient la valeur de la tranche dispensée de toute réduction. L'abaissement moyen sera donc aussi vraisemblablement très faible, et sera nul pour les 2/3, à condition que les tarifications dites commerciales soient accordées.

En quoi consistent-elles ?

Pour les tarifs dégressifs, la consommation annuelle étant répartie en trois tranches, le tarif de la première tranche sera le tarif du Cahier des Charges, la deuxième tranche bénéficiera d'un rabais de 20 % et la troisième d'un rabais de 40 % sur la première tranche.

L'importance de ces tranches sera déterminée suivant des règles variables laissées à l'appréciation des concessionnaires, tenant compte ou pouvant tenir compte de la puissance du compteur, de l'importance des locaux d'habitation etc...

En principe, la première tranche sera de l'ordre de 200 à 250 kwh au tarif d'éclairage, la seconde de 150 à 200 kwh, avec un rabais de 20 %, la troisième étant le surplus avec un rabais de 40 %.

A Paris, le tarif actuel dit « domestique » de la C.P.D.E. comporte, pour un appartement de 5 pièces, une première tranche de 240 kwh à 1,75 (tarif d'éclairage), une deuxième tranche de 120 kwh à 1,01, le surplus à 0,26. Les réductions sont, sur la deuxième tranche, de 42 %, sur la troisième de 85 % par rapport au tarif normal.

Ce nouveau régime de prix, mis en vigueur depuis le 1^{er} juillet 1934, n'intéressera donc pratiquement pas la très grande majorité des usagers parisiens.

De même, pour la force motrice basse tension, les concessionnaires accorderaient, dans une formule de leur choix (ristourne, tarif dégressif, etc...), un rabais de 20 % par rapport au tarif maxima des Cahiers des Charges sur la tranche de consommation en excédant de 800 heures d'utilisation annuelle de la puissance du compteur.

Les tarifs spéciaux consisteront à accorder :

a) Pour la cuisine (sauf dans le cas où, par suite de consommations saisonnières ou d'autres circonstances particulières, cet usage, aurait une répercussion sensible sur la pointe journalière) : un tarif maximum de 0,65 dans un semestre englobant la pointe annuelle, et 0,55 dans l'autre semestre.

b) Pour le chauffage de l'eau par accumulation, exclusivement de nuit et d'heures creuses, c'est-à-dire pour une application qui, par sa nature même, n'affecte pas les pointes maxima d'hiver, ou les pointes saisonnières : un tarif maximum de 0,40 et pour les appareils n'excédant pas un kilowatt, de 0,35.

La réserve qui est faite concernant l'énergie qui serait consommée pour la cuisine, est inspirée par la crainte que ce nouvel usage n'aggrave la pointe du soir, difficulté qui peut être aisément surmontée si les secteurs dans l'embarras disposent d'énergie accumulée et commandée (lacs ou réservoirs).

Dans les grandes et moyennes villes disposant d'une distribution de gaz d'éclairage, nous doutons fort qu'à ce tarif, l'électricité puisse jamais parvenir à retirer au gaz une partie de sa clientèle. Au tarif de 0,35 le kwh, l'équivalent calorifique d'un mètre cube de gaz de ville coûte 1,80, prix qui est certainement supérieur à celui du gaz dans les villes de quelque importance.

De tels tarifs ne sauraient donc provoquer de nouveaux usages que dans les localités ne disposant pas de gaz d'éclairage et à plus forte raison à la campagne, non pas à raison de l'économie de combustible, mais des extrêmes commodités que ces nouveaux usages peuvent apporter dans les travaux de la ferme. Dans les grandes villes, devant la concurrence du gaz d'éclairage, on ne peut compter que sur de petits emplois, que peut permettre la grande faculté de dissémination de l'électricité, et l'absence de toute installation spéciale. Mais, il s'agit alors de petites utilisations relevant du tarif général d'éclairage.

Une comparaison dans de multiples cas d'espèces serait nécessaire pour pouvoir préjuger de l'influence que pourront avoir ces nouveaux tarifs sur la consommation de l'électricité. A première vue, il semble qu'elle doive être

faible, du moins dans les grands centres. Par contre, dans les petites villes ou agglomérations rurales de nos régions hydrauliques, ayant des réseaux de distribution encore peu chargés, leur généralisation peut donner lieu à des usages nouveaux constituant, pour nos usines hydro-électriques en peine de débouchés, un supplément de consommation intéressant.

Section III

Les résultats et la situation actuelle du marché de l'énergie électrique

Comment, sous l'empire des lois économiques qui président à la formation du prix de vente, s'est développée la consommation de l'électricité ? A-t-elle suivi le rythme de la production, ou plutôt des possibilités de production telles que nous les avons étudiées dans la section II du chapitre II, du titre I ? Ou, au contraire, n'a-t-on pas observé comme dans la plupart des branches de l'activité humaine depuis la terrible crise économique qui désole le monde, une brusque disparité entre les moyens de production et les besoins, ce qui, dans les industries de houille blanche, peut avoir des répercussions plus redoutables que partout ailleurs, en raison de la grande durée du processus de formation des capitaux fixes dans ces industries ? Les besoins de consommation avaient-ils été surestimés et les programmes d'aménagement engagés à la légère ?

Répondre à ces questions nous permettra de définir la situation actuelle du marché de l'électricité, de mesurer la gravité du malaise qui pèse sur lui et d'en estimer les possibilités de redressement.

Le tableau B de la consommation de l'énergie électrique en France, donné en annexe, montre que cette consommation est passée de 7.723 millions en 1923, à un maximum de 15.773 millions atteint en 1930, soit de l'indice 100 à l'indice 204, par une progression ininterrompue. Pendant cette période de sept années, la consommation d'électricité a donc largement doublé, suivant une progression géométrique de raison 1,107.

Comment, en présence de cette progression, a été réglé le rythme des aménagements nouveaux, tout au moins celui des aménagements hydrauliques qui seuls nous intéressent ?

De 1923 à 1926, la consommation a augmenté de 3905 millions. En supposant que la part qui en reviendrait à l'énergie hydraulique serait de 45 %, le rythme des équipements à prévoir eût dû être de $\frac{3905 \times 0,45}{3} = 585$ millions de kwh par an.

Or, la moyenne des aménagements nouveaux effectivement mis en service de 1928 à 1930 inclus, soit avec un décalage de quatre ans, nécessaire à la réalisation de ces aménagements, a été de 325 millions de kwh par an, dont les 3/4 seulement, soit 245 millions de kwh, étaient normalement utilisables.

La moyenne de 1919 à 1927 inclus avait été de 345 millions, soit 260 millions de kwh normalement utilisables.

Il y avait donc eu dès 1925 un fléchissement qui va s'accroître jusqu'en 1930 où on ne peut mettre en eau que 3.200 kw. Ce fléchissement était consécutif à la crise monétaire de 1926, qui avait stoppé toutes les constructions nouvelles. Les entreprises de houille blanche purent avoir à bon droit à cette époque l'impression qu'elles perdaient du terrain, et qu'elles allaient se laisser ravir par les usines thermiques, plus promptes à augmenter leurs équipements, la part de gâteau leur revenant¹⁶. C'est pourquoi, pour rattraper ce retard, et se laissant porter par l'euphorie générale de la période 1927-1929, les nouveaux programmes d'amé-

16. Dans son rapport au nom de la Commission des Mines et de la force motrice chargée d'examiner le projet de loi de Monzie, ayant pour objet de favoriser le développement de l'aménagement des forces hydrauliques, M. Antoine Borrel n'avait pas manqué de signaler la cadence beaucoup plus rapide des équipements thermiques. Malheureusement, les chiffres qu'il cite concernent la répartition de la puissance installée des adhérents de la Chambre syndicale des Forces Hydrauliques, qui n'est pas forcément représentative du pays tout entier, et à laquelle au contraire, on peut penser que les entreprises hydro-électriques adhèrent en plus grand nombre.

D'après les chiffres dont faisait état M. Borrel, la proportion de la puissance thermique installée était passée de 21 % en 1914 à 43 % en 1923 (Chambre des Députés, Documents parlementaire, Annexe n° 3616, 2^e séance du 29 novembre 1926).

La crainte des hydrauliciens n'était donc pas sans fondement et explique la cadence rapide de leurs aménagements à partir de 1930.

nagement vont devenir beaucoup plus audacieux (voir le tableau de la page 71).

Alors que de 1927 à 1930, la part de l'augmentation de consommation pouvant revenir à la houille blanche avait été de $\frac{0,45 \times 4.145}{4} = 470$ millions de kwh par an, la

cadence moyenne des aménagements nouveaux mis en service de 1931 à 1934 inclus, a été de 755 millions de kwh par an, dont les $\frac{3}{4}$, soit 570 millions de kwh, pouvaient être normalement utilisés.

Si l'on réunit les deux sous-périodes, la part de l'accroissement de consommation que pouvait revendiquer la houille blanche sur ces sept années est de 500 *millions* de kwh par an, alors qu'il a été équipé de 1928 à 1934 inclus, une moyenne de 595 millions de kwh par an, dont 450 *millions* normalement utilisables. Même avec une utilisation meilleure des nouveaux aménagements, 80 %, qu'on ne peut guère dépasser, la tranche annuelle utilisable des nouveaux aménagements n'est encore que 480 millions. Le retard pris pendant la période 1926-1930 était donc tout juste rattrapé.

Ce petit calcul montre que le suréquipement actuel n'est pas dû à des programmes d'aménagement trop ambitieux, reposant sur des estimations trop optimistes des accroissements de consommation, mais uniquement à la régression de consommation, due à la crise général des années 1931 et 1932, et à une cadence trop rapide des aménagements thermiques.

M. Ulrich, président du Syndicat des Producteurs et Distributeurs d'électricité, émettait l'année dernière, devant le Conseil National Economique¹⁷ un pronostic bien sombre et évaluait à 4 milliards de kwh, la fraction de notre capacité de production hydraulique qui serait sans emploi au 1^{er} janvier 1936.

Le rapport du Conseil d'administration de la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques de l'année 1934, qui examine la situation du marché au 1^{er} janvier 1934, est un peu plus rassurant. Il n'aboutit en fin de compte qu'à un

17. J. O. du 23 août 1933, Annexe 38, p. 904.

excédent virtuel à cette même date de 1500 millions de kwh.

Ce rapport, dont la partie la plus substantielle est un rapport établi par la Commission économique et législative de la Chambre Syndicale, constitue chaque année une étude très minutieuse de la conjoncture particulière aux industries de houille blanche, comportant entre autres une estimation raisonnée des accroissements possibles de la consommation d'énergie électrique, dans les principales divisions du marché.

Nous ne reprendrons pas les rapports antérieurs, dont les prévisions trop optimistes ont été mises en échec par la prolongation de la crise économique ; cet examen rétrospectif aurait peu d'intérêt. Nous nous attacherons seulement à analyser le rapport publié en 1934, en le complétant par d'autres informations.

§ 1. *Résultats d'ensemble*

Ce rapport souligne, dans son préambule, que la consommation de l'électricité qui avait marqué en 1931 et 1932, une très sensible régression, enregistre pour 1933, une augmentation de 1.155 millions qui est de très bon augure.

Les variations de la consommation dans les principales catégories de consommateurs sont données par le tableau suivant depuis l'année 1929. Les chiffres qui y figurent concordent très rarement avec ceux des statistiques ministérielles dont nous nous sommes servis pour dresser le tableau général de la consommation depuis 1923 (Annexes-Tableau A). D'une part, les consommations des houillères et de la sidérurgie sont dans les statistiques du ministère mélangées aux « autres usages haute tension ». D'autre part, les chiffres indiqués pour la traction et l'électrochimie ne font pas état d'un certain nombre de petits consommateurs, clients des sociétés distributrices, que la statistique de la Chambre Syndicale a préféré inclure dans la rubrique « Distributeurs ».

Millions kwh de	1929	1930	1931	1932	1933
Distributeurs	6.495 100	6.780 104	6.985 107	6.855 105	7.415 114
Houillères	1.515 100	1.645 109	1.520 100	1.410 93	1.430 94
Sidérurgie	1.560 100	1.520 98	1.290 83	930 60	1.075 69
Electrochimie	2.470 100	2.875 116	1.950 79	1.770 72	2.015 81
Traction	830 100	845 102	885 107	865 104	875 105
Pertes	1.995 100	2.175 109	2.230 112	2.320 116	2.495 125
Total:	14.865 100	15.840 107	14.860 100	14.150 95	15.305 103

Ainsi donc, la progression de la consommation qui, de 1923 aux alentours de 1929 avait doublée, a fait place à une stagnation pour l'ensemble de ces quatre dernières années, puisque, en 1933, la consommation est sensiblement le double de ce qu'elle était en 1923, niveau déjà atteint quatre années auparavant¹⁸. Fort peu d'industries, après quatre années de crise, pourraient ainsi se prévaloir d'avoir regagné le terrain perdu.

Malheureusement, l'année 1934 ne semble pas s'annoncer sous d'aussi favorables auspices. La progression persiste mais elle est d'ores et déjà, pour les cinq premiers mois de l'année, de + 5,21 % par rapport aux mois correspondants de 1933, alors que pour l'ensemble de l'année 1933, le gain avait été de + 8 % par rapport à 1932.

Le ministère des Travaux Publics a publié les renseignements suivants sur la production d'énergie électrique de 69 des plus importantes sociétés de production et de distribution.

	1933	1934	Variations en centièmes
	Mois de mai		
Usines thermiques	306.803.968	281.912.725	— 8,11
Usines hydrauliques	532.257.799	571.732.079	+ 7,41
	839.061.767	853.644.804	+ 1,74
	5 premiers mois		
Usines thermiques	1.721.199.395	1.679.984.983	— 2,4
Usines hydrauliques	2.430.599.819	2.688.282.615	+ 10,6
	4.151.799.214	4.368.267.598	+ 5,21

18. Dans le nord de France, certains secteurs avaient enregistré en 1933 une telle reprise des consommations industrielles, que les chiffres de 1930 avaient été dépassés.

Les nombres mentionnés ci-dessus représentent environ 93,5 % de l'énergie produite en France, par les usines qui ont débité sur les réseaux de distribution, abstraction faite des exploitations minières ou métallurgiques, et 70 % si l'on tient compte de ces dernières exploitations.

Il y a lieu de remarquer que la production des usines thermiques est en léger recul (— 2, 4 %) et les usines hydrauliques en notable progrès (+ 10,6 %). C'est une tendance de bon augure pour une meilleure utilisation de notre domaine hydro-électrique qu'il convenait de souligner.

Cette moindre utilisation de nos ressources thermiques ressort également du tableau suivant où ont été calculées les utilisations de la puissance installée des usines thermiques ¹⁹.

	Puissance installée k.v.a. 10 ³	Production kwh. 10 ⁶	Utilisation heures
1930	4.945	8.430	1.700
1931	5.500	8.355	1.500
1932	5.900	7.750	1.300
1933	6.290	8.310	1.300
Prévisions 1936 :	6.500	8.845	1.360

Ces résultats sont conformes aux conclusions de notre étude dans le chapitre IV du titre I, consacré aux conditions économiques de la concurrence entre l'énergie thermique et l'énergie hydraulique, qui nous ont montré que le domaine de suprématie de la houille noire était ordinairement limité à des utilisations ne dépassant pas 2.500 heures. Cette utilisation limite n'est donc pas atteinte, à beaucoup près, et on ne peut que regretter qu'une politique d'ensemble plus cohérente n'ait pu éviter de telles immobilisations de capitaux fixes sans utilité apparente pour un mode de production voué à une infériorité future certaine.

Aussi, doit-on souscrire aux conclusions de M. l'Inspecteur général Rivet, qui estimait devant le Conseil National Economique qu'il y aurait probablement plus d'inconvénients que d'avantages à augmenter la part de nos ressources charbonnières dans la consommation totale du

19. Chiffres donnés par la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques

pays et qu'il était sage de se préoccuper dès maintenant de leur épuisement²⁰. Une plus intense utilisation de nos ressources hydrauliques, auxquelles il y aurait lieu de demander la presque totalité des accroissements futurs de la consommation d'énergie électrique, en stabilisant la production d'énergie thermique à son niveau actuel, ne pourrait que concourir à ce résultat, éminemment désirable, pour obtenir une utilisation mieux équilibrée de nos forces économiques.

Nous donnerons enfin, à titre de complément d'information, sur la base 100 pour chaque mois de 1930, les variations de la production d'énergie électrique des mois correspondants des années suivantes, d'après la statistique mensuelle établie depuis cette époque par le ministère des Travaux Publics. Cette méthode, comparant toujours les mêmes mois entre eux, élimine dans une certaine mesure les variations saisonnières.

	1931		1932		1933		1934
	Index base 100 en 1930	Ecart à la moyenne	Index base 100 en 1930	Ecart à la moyenne	Index base 100 en 1930	Ecart à la moyenne	Index base 100 en 1934
Janvier	102	+ 10	90	+ 1	97	+ 0,5	104
Février	100,5	+ 8	90,5	+ 1,5	99	+ 2,5	105
Mars	95	+ 2	85	- 4,5	94	- 2,5	100
Avril	89	- 4	84	- 5,5	87	- 10	91,5
Mai	83	- 11	80	- 9	88,5	- 8	90
Juin	84	- 10	83	- 7	89	- 8	—
Juillet	84	- 10	80	- 9	88,5	- 8	—
Août	92	- 1	86	- 3	95,5	- 1	—
Septembre	95,5	+ 2	89	0	97,5	+ 1	—
Octobre	90,5	- 3	87	- 2	96,5	0	—
Novembre	89,5	- 4	91	+ 2	98	+ 1,5	—
Décembre	91,5	- 2	92,5	+ 4	99	+ 2,5	—

Moyenne rectifiée d'après la production annuelle :

93

83

96,5

Ce tableau montre que, pour les deux derniers mois de 1933 et les trois premiers de 1934, la consommation d'énergie électrique avait atteint et même dépassé la consommation des mois de 1930. A partir d'avril, on enregistre un

20. J. O. 23 Août 1933, Annexe 37, p. 873.

nouveau fléchissement qui paraît bien être saisonnier, car il se produit chaque année à la même époque.

§ 2. *Evolution particulière des principales catégories de consommateurs*

a) *Distribution haute et basse tension.*

L'énergie distribuée sur l'ensemble du territoire passe de l'index 105 à l'index 114 (base 100 en 1929), soit une augmentation un peu supérieure à 8 %.

Des résultats constatés dans la région parisienne, il paraît résulter que la « reprise » à caractère proprement industriel est nettement inférieure à ce chiffre, l'augmentation sur 1932 dans certains secteurs de la banlieue n'ayant pas dépassé 3 à 4 %. Par contre, les augmentations imputables à l'éclairage et aux applications domestiques ont atteint jusqu'à 15 %. Le développement de la consommation d'électricité sur les secteurs de distribution est donc dans une certaine mesure, un peu indépendant de la situation économique générale.

Il serait cependant téméraire d'admettre pour l'avenir, conclut le Rapport de la Chambre Syndicale, le maintien du taux d'accroissement de 8 % constaté en 1933. Les progrès des consommations domestiques très vite marqués dans les villes, seront forcément plus lents dans les campagnes où se poursuit maintenant le même effort ; ils y porteront d'ailleurs sur des chiffres totaux qui sont sensiblement moindres.

Enfin, et les résultats statistiques les plus récents que nous avons donnés en fournissent la preuve, la reprise de 1933 n'a pas encore un caractère assez stable pour pouvoir être considérée comme acquise.

Aussi, la Chambre Syndicale croit-elle préférable de maintenir pour l'avenir le taux d'accroissement annuel de 5 % auquel ses pronostics de l'année précédente l'avaient conduite, soit une tranche annuelle de 350 à 400 millions de kwh environ.

Nous sommes d'autant plus disposés à nous rallier à ces conclusions prudentes que nous avons antérieurement montré combien les possibilités d'expansion de l'énergie

électrique dans le domaine du chauffage étaient sévèrement limitées par la loi de concurrence. Son domaine réservé paraît être l'électrification domestique proprement dite, à l'exclusion du chauffage autre que le chauffage d'appoint, et l'électrification rurale. Mais dans l'un et l'autre cas, il ne peut s'agir que de petites applications, quantitativement parlant, et de plus dans le second cas, d'applications difficilement payantes, car elles exigeront bien souvent des investissements par extension ou renforcement de réseaux, dont il sera toujours aléatoire de réaliser l'équilibre financier, en raison des très faibles durées d'utilisation qu'on peut en espérer. Seule la générosité de l'Etat a permis de résoudre le problème pour ce qui concerne l'électrification rurale, mais ce n'est pas une raison suffisante pour que, du point de vue économique qui nous préoccupe, la solution puisse être tenue pour pleinement satisfaisante.

L'ingéniosité des constructeurs est certes pleine de ressources et les appareils les plus divers à la ville : les fers à friser, cafetières, grille-pain, gaufriers électriques ; à la campagne, les cuiseurs pour l'alimentation des animaux, les machines à traire, coupe-racines, écrémeuses, etc... sont déjà sur le marché. Il reste à en répandre l'emploi et à obtenir ensuite de leurs usagers... qu'ils consomment de l'électricité. Les estimations dans un tel domaine sont très élastiques et on en peut tirer le résultat que l'on désire, suivant la thèse que l'on veut soutenir. Tentons-en l'expérience avec prudence.

α) *Electrification domestique*. — M. Marlio ²¹ d'après les données statistiques pour la Suisse et les Etats-Unis, et des sondages en France, fait état des chiffres suivants :

Appareils existant pour mille habitants :

	Etats-Unis	Suisse	France
Fers à repasser	156	161	90
Bouilloires, percolateurs	46	44	18
Radiateurs et appareils de chauffage	27	64, 5	15
Fourneaux de cuisine	7, 3	35	0, 2

et il indique que si (c'est nous qui soulignons) ces appareils

21. « L'industrie électrique », *Revue des Deux-Mondes*, 15 nov. 1931.

étaient aussi répandus en France que dans le plus favorisé des deux pays, il en résulterait une augmentation de consommation de :

Cuisine :	2,5	milliards de kwh
Chauffage de l'eau	2,5	—
Chauffage privé	0,5	—
Autres applications	1	—

M. Marlio ne donne pas le détail de ses estimations, mais nous les croyons beaucoup trop optimistes.

Même en supposant, hypothèse d'ailleurs tout à fait gratuite, que ces appareils pourront dans certains cas devenir aussi répandus qu'en Suisse ou aux Etats-Unis, leurs consommations individuelles n'en doivent pas moins, eu égard aux prix de l'électricité pratiqués en France, être prudemment estimées.

Lorsque nous aurons en France autant de fers à repasser qu'en Suisse, soit 1 pour 6 habitants, ce qui sera fort beau, le nombre total en sera de 6,5 millions. Mais nous ne voyons pas qu'en moyenne, leur usage, quel que soit d'ailleurs le prix de l'électricité, puisse beaucoup dépasser trois heures par semaine. Ces appareils, de petite puissance, ordinairement 1/2 kw, ne consommeront guère plus de 75 kwh par an, soit 485 millions de kwh. Portons ce chiffre à 600 millions pour tenir largement compte des autres petits appareils domestiques (grille-pain, gaufriers, etc...) qui seront toujours beaucoup moins répandus.

En admettant une consommation annuelle de 50 kwh pour les bouilloires et percolateurs (ce qui représente par semaine 10 litres d'eau de 15 à 100° par appareil), lorsque le nombre en sera de 45 par 1000 habitants, la consommation annuelle ne sera que de 95 millions de kwh.

Accordons à M. Marlio le demi-milliard de kwh pour le chauffage privé ²².

Quant aux fourneaux de cuisine, il n'est vraiment pas

22. D'après une étude de M. Deflassieux que nous avons déjà citée, page 125, la puissance installée en France en appareils de chauffage électrique serait de 50.000 kw pour une consommation annuelle de 65 millions de kwh, soit une utilisation de 1300 heures. Le volume total des locaux chauffés serait d'environ 1 million de mètres cube.

raisonnable de supposer que l'usage puisse en devenir plus répandu qu'aux Etats-Unis, soit 7 pour 1000 habitants, et qu'il puisse atteindre le chiffre de la Suisse, 35 pour 1000, pays dépourvu de houille, il ne faut pas l'oublier.

A raison de 7 pour mille, ce qui d'ailleurs représenterait 200.000 fourneaux à construire et à vendre, venant s'ajouter aux 90.000 existants (chiffre très approximatif) la consommation annuelle pour 500 kwh par appareil serait de 145 millions.

Nous arrivons ainsi à un total de 1.340 millions de kwh, très éloigné du chiffre donné par M. Marlio qui paraît très exagéré.

Pour un tel chiffre : 1340 millions de kwh, la consommation annuelle par habitant serait de 32 kwh, chiffre tout à fait raisonnable et que nous devons pouvoir atteindre. Elle est en Suisse de 23 kwh par habitant et par an, pour les petits appareils domestiques, de 29 kwh pour les appareils de cuisine, soit au total 52 kwh qui fait apparaître notre estimation comme très modérée, trop peut-être. Mais il ne faut pas espérer que nous puissions atteindre les 64 kwh que l'on y consomme par habitant et par an pour le seul chauffage de l'eau, au prix très réduit de 0,19 le kwh. Or, à ce taux, les 4.500 calories d'un mètre cube de gaz de ville coûtent exactement 1 fr. prix du gaz à Paris, qui est certainement dépassé en Suisse, où tout le charbon est importé. Il serait vain de prétendre obtenir en France pour cet usage des consommations du même ordre avec des tarifs sensiblement plus élevés.

Les statistiques n'indiquent pas la consommation actuelle d'énergie pour les seuls usages domestiques, enregistrés presque toujours avec l'énergie lumière par un compteur unique.

Mais la consommation totale pour ces deux usages : lumière et applications domestiques, a été en 1931 de 1.525.704 kwh et en 1932, de 1.574.184 kwh. Si l'on veut en attribuer le 1/5 aux usages domestiques proprement dits, il resterait à espérer de ce chef un accroissement de 1 milliard de kwh soit, sur une période de dix années, on accroissement annuel de 100 millions. L'augmentation de 6,5 milliards de kwh dont parle M. Marlio, correspondrait à

elle seule à 155 kwh par habitant et par an, soit 42 % de l'ensemble de la consommation française actuelle. On pourra peut-être y parvenir lorsque la plus grande partie des usines hydrauliques étant amortie, des tarifs beaucoup plus bas que les tarifs actuels pourront être pratiqués, mais c'est une éventualité tellement lointaine encore, que les calculs purement hypothétiques qu'on peut fonder sur elle, présentent vraiment bien peu d'intérêt.

L'accroissement annuel de 90 à 100 millions de kwh auquel nous aboutissons, pour l'électrification domestique, représente environ le 1/4 de la tranche annuelle à laquelle la Chambre Syndicale croit sage de borner présentement ses espérances, pour l'ensemble de la catégorie « distribution ». C'est une proportion bien raisonnable.

β) *Electrification rurale.* — Nous ayons indiqué, dans la section deuxième du chapitre II, du présent titre, pages 209 et suivantes, quelle avait été en ces dernières années, l'importance de l'effort financier accompli par l'Etat pour hâter l'électrification des campagnes. Cette question se présente sous deux aspects : un aspect sociologique, un aspect économique. Nous nous occuperons surtout du second, ne réservant au premier que quelques aperçus très brefs, sur le rôle social que peut jouer l'électrification des campagnes.

Quels résultats ont été obtenus ?

En 1919, 7.500 communes presque toutes urbaines, groupant 24 millions d'habitants, étaient desservies.

Au 1^{er} janvier 1934, 33.567 communes (88,3 % du total) représentant une population de 40.191.600 habitants (96.1 % de la population totale du territoire) étaient électrifiées. Une petite partie de cette population, 3 millions d'habitants environ, correspond aux « écarts » faisant partie administrativement de ces 33.567 communes, non encore desservis mais qui le seront.

Sur les 1.650.000 habitants restants, 196.000 habitent des communes qui n'ont pas de distribution et n'ont adressé aucune demande de concours au ministère de l'Agriculture ; 355.000 habitent des communes dont les projets ont été éliminés comme n'étant pas économiquement réalisables, soit au total 550.000 habitants (1,3 % de la population

totale) habitant des communes qui ne seront probablement jamais électrifiées.

On peut donc dire que l'électrification des campagnes est ou sera à bref délai, par le seul jeu des lois en vigueur, pratiquement totale en France.

Il ne restera plus ensuite qu'à achever « en profondeur » ce qui a été, jusqu'à maintenant, réalisé en surface.

Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, page 211, on estime à l'heure actuelle que l'électrification rurale représente une consommation moyenne annuelle par habitant desservi de 25 à 30 kwh, soit 400 millions de kwh pour les 16 millions d'habitants desservis.

Sur un total de 2.519.489 kwh distribués en 1932, dans la catégorie basse tension, l'électrification rurale représenterait donc environ le 1/6.

On estime que, grâce à un effort de propagande tenace, et sous l'influence d'un système de tarifs dégressifs et différenciés bien conçu, la consommation rurale pourra doubler et atteindre 50 à 60 kwh par habitant desservi, soit une augmentation globale de 400 millions de kwh, qui est environ le tiers de ce qu'on peut attendre des applications domestiques. Mais il ne faut pas espérer atteindre les résultats obtenus dès maintenant dans certains pays agricoles tels que le Danemark, où on arrive à consommer, pour cette catégorie de consommateurs, 150 kwh par an et par habitant desservi. L'économie agricole y présente des caractères très différents susceptibles d'expliquer de tels résultats.

Ce qui caractérise l'électrification rurale, et qui en fait la difficulté au point de vue économique, c'est, d'une part, l'extrême dispersion des centres à desservir, d'autre part, de très faibles durées d'utilisation.

En hiver, seul l'éclairage compte, mais le paysan se couche tôt et dort beaucoup. Les travaux des champs lui laissent des loisirs et il préfère les occuper à scier du bois ou à couper ses racines à la main, dès lors qu'il a atteint (s'il l'atteint) le minimum de consommation qu'on lui impose. L'été, le caractère de nécessité des travaux des champs, qui doivent être exécutés à époques fixes, et que la pénurie ou les exigences de la main-d'œuvre viennent quelquefois

compliquer, justifierait des consommations d'électricité plus importantes. Mais on ne peut électrifier les champs eux-mêmes et le moteur à combustion interne est tout indiqué dans ce cas.

Seules, les grandes fermes industrialisées ont obtenu dans cette voie des résultats intéressants notamment dans le labourage électrique. Il s'agit dans ce cas, pour de grosses exploitations, de problème de main-d'œuvre qui ne se posent jamais avec la même gravité pour les exploitations petites ou moyennes. Encore, ces applications ne réussissent-elles qu'à condition de s'adresser à un entrepreneur spécialisé, descendant lointain du travailleur ambulant d'autrefois, qui ne vient plus louer seulement ses services manuels, mais également ses capitaux d'outillage. Au degré de concentration que présente l'économie agricole en France, l'agriculteur qui voudrait lui-même posséder le matériel nécessaire, n'arriverait le plus souvent qu'à s'endetter. Ce problème de l'électrification des travaux des champs sera toujours difficile, car la spécialisation des outillages adoptés à chaque opération culturale, la brièveté habituelle des époques convenant à ces travaux, imposent des conditions d'utilisation et d'amortissement que ne connaît pas l'entrepreneur industriel. On peut même se demander en période de chômage endémique si ce n'est pas une hérésie économique.

Quoiqu'il en soit, en matière d'électrification rurale, la difficulté dont devra triompher comme il pourra le technicien, sera toujours la faible durée d'utilisation des capitaux fixes, et concurremment, le rendement toujours mauvais de la distribution, par suite de la marche très fréquente à vide ou à très faible charge des lignes et des transformateurs.

D'une « enquête sur l'utilisation de l'éclairage et de la force motrice électrique à la campagne » de M. Anneheim, parue dans le *Bulletin* de septembre-octobre 1933 de la Société des Ingénieurs civils, page 1080 et suivantes, nous extrayons les renseignements suivants :

Pour la force motrice proprement dite, suivant le degré d'électrification et la contenance en terres cultivables des exploitations, la durée d'utilisation, pour des contenances

de 25 ha à 80 ha, varie de 40 à 164 heures, pour des puissances installées de 2 1/2 à 10 cv.

Si l'on considère l'éclairage et la force motrice dans leur ensemble, il résulte, des constatations faites au cours de cette enquête qui portait sur une vingtaine d'exploitations agricoles de diverses régions, pratiquant toutes la polyculture, que la consommation et l'utilisation annuelles optimales sont de 24 kwh 1/2 par hectare arable et 196 heures dans le cas le plus favorable.

Plus modestes, mais plus nombreuses sont les exploitations de 25 hectares, pour lesquelles l'indice global de consommation par hectare et l'utilisation de la puissance sont en moyenne de :

14 kwh/an et 93 heures/an.

Il s'agit donc d'utilisations extrêmement faibles. En présence de ces résultats, on s'est demandé, quel que puisse être l'intérêt social que pouvait présenter une telle dissémination de l'électricité, si ce n'était pas une contre-vérité économique que d'immobiliser ainsi dans les distributions rurales, des capitaux si importants, pour des utilisations aussi faibles, peut-être même aléatoires si l'on songe aux possibilités de concurrence du moteur Diesel.

N'est-ce pas le sort des lignes de chemins de fer secondaires dont le trafic se trouve aujourd'hui décimé par de redoutables concurrents, et qui cinquante ans à peine après leur création, se révèlent d'une utilité très contestable.

Tel était le sens des conclusions de M. André Janet, devant le Conseil National Economique²³.

Envisagé sous son aspect social, et non plus strictement économique, le problème de l'électrification rurale est plus séduisant.

De par son origine même, il contient la substance d'un mouvement de renaissance du régionalisme économique rural, qui n'est pas dépourvu d'intérêt. Ce fût en tout cas une des premières manifestations d'activité des syndicats de communes, créés par la loi municipale complémentaire du 22 mars 1890, et auxquels le législateur de 1906, par

23. *J.O.* 23 Août 1933, Annexe 38, p. 897.

une sûre prescience, devait attribuer le pouvoir concédant.

L'existence du syndicat de communes, groupement économique à but limité, ne s'oppose nullement du reste à une organisation rationnelle sur le plan technique, qui en déborderait le cadre. Mais il convient, si l'on veut poursuivre l'œuvre d'électrification en profondeur, de se borner, à des organisations régionales sans gros frais généraux, mais possédant des agents locaux, petits artisans électriciens eux-mêmes, dont l'action constante nous paraît devoir être indispensable pour lever les préventions des ruraux.

Par les facultés nouvelles de bien-être et les commodités qu'elle procure, l'électricité à la campagne est susceptible d'un double résultat dont l'importance au point de vue démographique ne doit pas être sous-estimée : elle facilitera la renaissance de l'artisanat rural qui, pour de petits métiers d'entretien, certaines fabrications de qualité, voire même de petits ateliers de montage de pièces détachées, peut parfaitement se concevoir ; enfin, en rendant moins pénibles les travaux de la femme, elle la fixera, ou tout au moins contribuera à la fixer, à la campagne (traite électrique, cuiseurs pour l'alimentation des animaux sur courant de nuit).

Le rôle social que l'on découvre ainsi à l'électrification rurale suffit-il à justifier les sacrifices très sérieux que l'Etat s'est imposé pour en faciliter l'expansion ? On peut parfaitement soutenir l'affirmative, dans la mesure bien entendu où les finances de l'Etat sont assez prospères pour pouvoir supporter un tel effort.

b) *Houillères.*

La consommation d'énergie (30 kwh par tonne de houille extraite) est liée aux fluctuations de l'activité des houillères. Elle n'a dépassé ce chiffre qu'en 1929 et 1930 par suite du développement inaccoutumé des industries annexes, en particulier des industries chimiques. En dehors de cette circonstance, son augmentation ne pourrait être due qu'à une plus ample utilisation de l'outillage mécanique. Tel n'est pas le cas de 1932 à 1933 et la très légère augmentation de 20 millions de kwh que l'on constate est tout simple-

ment due à l'extraction supplémentaire de 700.000 t. enregistrée en 1933.

Les difficultés auxquelles a à faire face notre industrie houillère ne sont que trop réelles, et la Chambre syndicale se borne à maintenir ses prévisions de l'année précédente, qu'elle juge déjà optimistes, consistant à admettre pour 1936 le retour au chiffre de 1929, inférieur de 9 % au chiffre record de 1930.

c) *Sidérurgie.*

L'année 1933 apporte également ici une note encourageante. La production totale d'acier, qui était tombée de 9,7 millions de tonnes en 1929 à 5,64 en 1932, remonte à 6,5 en 1933, soit une augmentation de 15 %. Même remarque pour la fonte, qui, descendue de 10,36 à 5,54 millions de tonnes, se relève à 6,33 millions.

On note des variations à peu près concomitantes de la production et de la consommation d'énergie électrique de ces industries ; elles sont en effet à peu près proportionnelles l'une à la production de fonte (à raison de 184 kwh environ par tonne de fonte) l'autre à la fabrication d'acier (à raison de 165 kwh par tonne d'acier).

Quelques explications complémentaires sont nécessaires pour montrer l'importance que pourrait prendre cette branche de notre industrie, non pas comme consommatrice, mais comme productrice d'énergie.

A l'heure actuelle, grâce à une utilisation plus rationnelle des gaz des hauts fourneaux, à une récupération plus rigoureuse de toutes les chaleurs perdues, grâce surtout à l'emploi du moteur à gaz qui, par rapport à l'ensemble chaudière-machine à vapeur, a permis d'abaisser dans la proportion de 3 à 1 la quantité de calories nécessaires à la production d'une quantité d'énergie donnée, l'usine métallurgique moderne, non seulement produit toute l'énergie qui lui est nécessaire, mais dispose en outre de larges excédents.

Compte tenu de tous les perfectionnements qui ont été réalisés et dûment éprouvés, on estime que l'usine métallurgique-type, produisant 1.000 tonnes de produits par jour, dont 500 tonnes de gros profilés, 300 tonnes de moyens profilés, et 200 tonnes de petits fers, pourrait disposer, si

tous ces perfectionnements étaient mis en œuvre, d'un excédent de puissance de 21.000 kw, dans le cas où elle produit elle-même tout son coke, et 9.300 kw, si elle n'en produit pas du tout.

La puissance disponible des 17 usines lorraines dont la consistance moyenne est « *grosso modo* » celle de l'usine-type, serait donc comprise entre :

$$17 \times 9.300 = 158.000 \text{ kw.}$$

$$\text{et } 17 \times 21.000 = 365.000 \text{ kw.}$$

auxquels il convient d'ajouter une puissance permanente disponible de 75.000 kw, provenant des six usines de hauts fourneaux.

Les deux limites ci-dessus pour l'ensemble de la métallurgie française de l'Est deviendraient donc :

$$233.000 \text{ kw et } 440.000 \text{ kw.}$$

Ce calcul n'est pour partie qu'une anticipation ; il s'agit d'une source latente d'énergie qui demande à être exploitée en réalisant les installations nécessaires, mais qui se révélera le jour où elle sera assurée de trouver des débouchés. Enfin, une telle production d'énergie correspondrait à une production annuelle d'acier de 6 millions de tonnes, alors que la sidérurgie lorraine n'en a produit en 1933 que 4,5 millions de tonnes ²⁴.

La moyenne des 2 limites ci-dessus correspondrait à une production annuelle d'environ 3 milliards de kwh, qui est très loin pour l'instant d'être atteinte.

L'énergie débitée par le réseau de la sidérurgie lorraine n'a pas cependant cessé de croître et est passée de 130 millions de kwh en 1929 à 150 millions en 1930, 175 en 1931, et 1932, et enfin 217 millions en 1933. Une partie de cette énergie (la moitié environ) est vendue à des secteurs de distribution, le reste est consommé à l'intérieur du bassin, en particulier par les mines de fer.

Le tableau de la page 260 donne, au cours de ces mêmes années, la consommation d'énergie électrique pour l'ensemble des usines sidérurgiques françaises.

Ne se départissant pas de ses évaluations prudentes, la

24. 1ère série de rapports au Conseil National Economique, rapport de M. Roy. J.O. 24 mars 1927, Annexe 14, p. 214.

Chambre Syndicale des Forces hydrauliques se contente de prévoir pour 1935, que la production de fonte et d'acier atteindra 80 % des chiffres records de 1929 et 1930, et les excédents d'énergie disponibles 300 millions de kwh.

d) *Electrochimie et électrométallurgie.*

La reprise de ces industries paraît au premier abord assez encourageante, puisqu'elle se traduit, par rapport à 1932, par une augmentation de 12 % du même ordre que pour la sidérurgie. Mais elle n'atteint encore que 81 % de la production de 1929 et 70 % de la production record de 1930.

Cette reprise est en réalité le fait d'une reconstitution des stocks en grande partie résorbés en 1932, beaucoup plus que d'un accroissement des ventes.

La crise subie par l'électrochimie depuis 1931 est donc loin d'être résolue et la Chambre Syndicale estime être optimiste en continuant à admettre pour 1936 le retour aux chiffres de 1929.

e) *Traction électrique.*

La consommation d'énergie électrique à l'actif de la traction électrique est la plus faible des cinq grandes catégories de consommateurs que comporte le tableau de la page 260. En progression lente mais continue depuis 1929, au fur et à mesure de la mise en service des nouveaux tronçons électrifiés, elle a été en 1933 de 175 millions de kwh, en augmentation de 5 % sur les chiffres de 1929. Un tiers de cette consommation doit être attribué aux tramways des grandes villes, un tiers au métropolitain, et le dernier tiers aux grandes lignes de chemins de fer, soit 290 millions de kwh, ce qui est encore fort peu.

L'électrification de nos voies ferrées est un gros problème qui a ses zéloteurs enthousiastes, ses détracteurs aussi. Si l'accord paraît s'être réalisé au point de vue technique sur des solutions ayant fait leurs preuves, et qui ne semblent plus devoir être remises en question, il n'en est pas de même au point de vue économique. Nous avons déjà montré dans le chapitre IV du titre I, comment jouaient les conditions de concurrence vis-à-vis de notre industrie houillère. Mais ce problème est trop intimement lié à notre politique ferroviaire générale, dont les données se modifient de jour en

jour, par suite des progrès techniques continus de la traction autonome et de la concurrence des transports automobiles routiers, pour ne pas devoir être examiné avec la plus grande circonspection. Il est en tout cas susceptible de jouer dans l'électrification générale du pays, et la mise en valeur de nos richesses hydrauliques, une influence de premier plan, qui mérite que nous lui consacrons une place particulière dans ce travail.

Le programme envisagé au lendemain de la guerre, dès 1920, était très vaste et tel qu'il avait été tracé au cours des études entreprises par la Commission spéciale du ministère des Travaux Publics et le Conseil supérieur des chemins de fer, il comprenait :

1° Pour le réseau de la Compagnie Paris-Orléans, l'électrification de 3.100 km de route sur un développement total de 7.793 km (lignes Paris-Brive avec embranchement Brive-Montauban et Brive-Toulouse par Capdenac ; lignes du Massif Central : Limoges, Gannat, Limoges-Angoulême, Limoges-Périgueux, Périgueux-Brive, Brive-Clermont Montluçon-Aurillac et leurs embranchements).

2° Pour la Compagnie du Midi, l'électrification de 3.200 km de route, sur un développement total de 4.094 km (soit tout le réseau sauf la ligne Bordeaux-Cette et ses embranchements).

3° Pour la Compagnie P.L.M., l'électrification de 2.500 km de route sur un développement total de 9.728 km, (lignes Nîmes-Laugogne, Lyon-Genève-Culoz-Modane, Montmélian-Grenoble-Veynes-Marseille, Lyon-Valence-Marseille-Vintimille).

La dépense totale envisagée à cette époque était de 1.675 millions aux prix de 1914 ²⁵ soit 8.400 millions de nos francs actuels pour un total de 8.800 km de route à électrifier. Enfin on estimait que, sur le base du trafic de 1913, la réalisation de ce programme d'ensemble entraînerait une consommation d'énergie électrique de 1.250 millions de kwh.

Il est intéressant de remarquer que ce programme

25. Gérin, *Nos forces hydraulique au point de vue économique et juridique*, thèse Lyon, 1921, p. 60 et ss.

comportait l'électrification de 21 % du réseau français, qui comprend 41.487 km de route, alors qu'en Suisse la proportion électrifiée était en 1930 de 54 %, en Italie de 11,6 %, en Suède de 7,3 %, en Norvège de 6,8 %.

Quelques années plus tard, la Commission des Economies réexaminait le problème et concluait à ajourner temporairement l'électrification, en raison de la détresse financière immédiate. Mais de 1931 à 1933, le Conseil supérieur des Travaux Publics, le Conseil supérieur des Chemins de fer, le Conseil National Economique, reprenaient l'étude d'ensemble de la question et concluaient à l'opportunité de réaliser immédiatement un programme d'électrification qui, pour tenir compte de divers intérêts en cause, était limité à 2.340 km de route, en ne comptant pas la ligne Montauban-Sète, dont l'électrification était déjà engagée.

Enfin, l'art. 2 de la loi du 7 juillet 1934 (plan Marquet) autorisait les grands réseaux à émettre, de 1934 à 1940, 2.725 millions d'obligations, en sus des autorisations déjà accordées par la loi de finances, sur le fonds commun institué par le décret du 15 mai 1934, à l'aide des disponibilités (jusqu'à concurrence de 75 %) du fonds de majoration et de solidarité de la Caisse des Assurances Sociales. Sur ce total, 1.300 millions doivent être consacrés à l'électrification des lignes Culoz-Chambéry, Paris-Gretz et Paris-Châtea-Thierry, Paris-Le Mans et Tours-Bordeaux.

Telles sont dans leurs grandes lignes les principales décisions prises par les Pouvoirs Publics. Que sont les réalisations ?

En 1930, 1066 km de lignes électrifiées étaient en service (770 sur le réseau du Midi, 230 sur le réseau du P.O., et 66 km. sur le réseau de l'Etat).

En 1934²⁶, la longueur des lignes de chemin de fer d'intérêt général exploitées électriquement, à l'exclusion des tramways, des chemins de fer d'intérêt local, du Métropolitain, atteint 2.270 km dont 1.490 km pour les chemins de fer du Midi, 855 km pour le chemin de fer de Paris à Orléans, 171, pour le P.L.M. et 254 pour les chemins de fer

26. D'après le journal du 20 juillet 1934, *L'industrie électrique française*.

de l'Etat. L'achèvement des travaux en cours portera en 1935 la longueur totale des lignes électrifiées à 2.950 km auxquels devraient venir s'ajouter, de 1935 à 1940, le contingent prévu par la loi du 7 juillet 1934. C'est donc un peu moins de la moitié du programme primitif de 1920 qui se trouverait ainsi réalisée. Il ne peut qu'être très désirable de voir se poursuivre, dans la période actuelle, ces travaux d'électrification. Ils constitueront en effet un remède efficace contre le chômage, conformément au principe même de la loi du 7 juillet 1934, d'autant plus qu'en raison de leur nature complexe, ces travaux peuvent intéresser des industries très diverses.

Ce sont même, si l'on peut dire, des travaux-type pour période de crise. D'une part, en raison des capitaux considérables qu'ils exigent, il y a évidemment intérêt à profiter des meilleures conditions de premier établissement qu'on peut trouver au cours de ces périodes ; d'autre part, ils sont parfaitement rentables et sont donc susceptibles d'une solution financière normale. Enfin, ils ne créent pas un nouvel outillage de production et ne risquent pas d'accroître le déséquilibre qui caractérise toutes les périodes de crise. Tout au plus, pourrait-on, sous ce rapport, leur reprocher de nous obliger à restreindre la production des houillères, à raison des économies de combustible que la traction électrique procure. Quelle pourrait en être l'importance ?

Le programme d'électrification restreint défini ci-dessus entraînera une consommation annuelle de 600 millions de kwh environ, et du même coup, une économie de 1.800.000 tonnes de houille, représentant 16 à 17 % de la consommation totale de charbon des réseaux français qui est de l'ordre de 11 millions de tonnes. Sauf les grandes lignes traversant le Massif Central, aboutissant à Paris, et qui, dans leur partie terminale, donneront lieu à une consommation d'énergie électrique à fournir par les centrales thermiques, la grande majorité des lignes électrifiées se trouvera dans des régions spécifiquement hydrauliques, de sorte que, pour une forte proportion, l'accroissement de consommation devant provenir de l'électrification des grandes lignes d'intérêt général sera un gain sur la houille blanche.

Ainsi que le faisait remarquer M. Parodi²⁷, la charge d'un réseau de traction est, contrairement aux idées générales émises, particulièrement constante. Quand tous les services de traction, voyageurs, marchandises et manœuvres sont assurés électriquement sur des sections étendues, la charge est pratiquement la même, le jour et la nuit, en été et en hiver. Les centrales hydrauliques des régions traversées par ces lignes, même si elles sont au fil de l'eau, seront donc parfaitement en mesure d'assurer une telle fourniture.

Il est évidemment bien difficile de prévoir comment énergie thermique et énergie hydraulique se partageront cet accroissement de consommation. Les sous-stations alimentant les lignes caténaïres puiseront l'énergie dont elles ont besoin sur le réseau général, sans se préoccuper de son origine.

On peut cependant légitimement supposer que, par le canal des centrales thermiques, la houille noire ne pourra reconquérir que l'énergie de traction consommée sur place dans la région parisienne, ou la fraction de l'énergie d'hiver qu'on est appelé normalement à demander à l'énergie thermique dans les régions mixtes.

Dans ces conditions, quelle fraction de l'économie globale de 1.800.000 tonnes correspondant à la consommation de combustible des locomotives à vapeur, mises au repos par ce programme d'électrification, pourra être ainsi rendue à la houille noire ?

En admettant que le tiers de la consommation d'énergie électrique équivalente, soit 200 millions de kwh, soit demandé aux centrales thermiques, ces 200 millions de kwh, grâce au rendement de transformation des centrales incomparablement supérieur à celui du foyer des locomotives, n'exigeront plus alors que 150.000 tonnes de houille au maximum.

A qui devra être imputée la différence, soit 1.650.000 tonnes ? A nos houillères ou à l'importation ? La réponse ne ferait pas de doute, si des nécessités de la politique com-

27. L'utilisation rationnelle de la houille blanche pour l'électrification des chemins de fer, 3ème Congrès de la Houille Blanche 1924, Section technique, 1^o rapport, p. 15.

merciale internationale ne nous obligeaient parfois à maintenir avec des nations voisines, un certain courant d'importations, que le seul souci de notre balance commerciale et le désir bien légitime de favoriser une industrie nationale et de ne pas accroître le chômage, devraient nous engager à réduire. D'un autre côté, un ralentissement d'activité de nos ports, entraîne aussi un chômage et condamne à l'inactivité des installations de manutention souvent édifiées à grands frais.

Où est le moindre mal ? Tel est le problème que les techniciens de la traction électrique ne doivent pas écarter.

D'après les chiffres cités par M. de Peyerimhoff, dans son rapport devant le Conseil National Economique (7^e série)²⁸ ces 1.650.000 tonnes de houille demanderaient en France environ 2.200.000 journées de mineurs et à raison de la moyenne mensuelle de 20,7 journées de travail réalisées en 1932, leur non-extraction entraînerait le chômage complet de 8.800 ouvriers mineurs, d'où 35 millions d'indemnités de chômage à la charge de la collectivité et environ 30 millions de moins-values fiscales.

Si elles devaient au contraire être imputées au contingent des charbons étrangers, 110 ouvriers dockers seulement se trouveraient alors sans emploi et leur indemnité de chômage n'atteindrait pas un demi-million. (Il conviendrait d'ajouter à ces chiffres dans les deux cas, le chômage consécutif de la main-d'œuvre des transports intérieurs par fer). Mais, par contre, la balance commerciale se trouverait allégée de 185 millions (132 millions pour les 2/3 du tonnage ordinairement importé sous pavillon étranger, 53 millions pour l'autre tiers importé sous pavillon français).

La solution ne semble donc pas douteuse. Dans le premier cas, si le sacrifice est demandé à la mine française, aggravation de nos charges budgétaires de 65 millions ; dans le second cas, chômage insignifiant et allègement du déficit de la balance commerciale de 185 millions.

Si cependant, pour des raisons de politique commerciale extérieure, une partie du sacrifice devait être demandée

28, J. O. 23 août 1933, Annexe 37, p. 875 et ss.

aux houillères françaises, on peut objecter que, s'agissant d'une désoccupation définitive, elle pourrait porter sur les ouvriers étrangers dont le nombre dépassait légèrement 100.000 en 1932.

Il ne paraît donc pas qu'il puisse y avoir d'objection dirimante à faire à la traction électrique de ce côté.

Une autre critique, beaucoup plus grave, a pu être opposée à l'encontre de ces travaux d'électrification des voies ferrées mettant en doute leur utilité même.

Il peut être imprudent, comme l'a fait remarquer M. Jules Moch, rapporteur du budget des Conventions, d'affecter des sommes considérables à l'électrification des lignes, alors que la politique du ministère des Travaux Publics est orientée dans le sens de la coordination des transports et se traduira normalement par une diminution du trafic par voie ferrée ²⁹. La Commission des Finances de la Chambre des Députés ne s'est d'ailleurs pas ralliée à cet avis, et, après avoir entendu le Ministre des Travaux Publics qui a insisté sur l'utilité, la rentabilité et l'efficacité contre le chômage des travaux proposés, les a finalement maintenus.

Si le trafic des lignes secondaires est incontestablement appelé à décroître, du fait de la concurrence des transports automobiles par route, il n'en est pas de même pour les lignes principales, sur lesquelles s'établissent surtout des courants de transport lourds à longue distance. Dans ce domaine, l'exploitation ferroviaire jouit d'un tel avantage que rien ne permet de prévoir qu'elle puisse être supplantée par la route.

C'est donc faire un raisonnement beaucoup trop simpliste que de déduire du pourcentage global de diminution du trafic des chemins de fer, comme le fait M. Jules Moch, qu'ils sont trop menacés par la route, pour que l'on y investisse des capitaux nouveaux, dont l'amortissement exige des délais relativement longs. Cet argument aurait une valeur s'il était question d'électrifier globalement un réseau

29. Rapport de la Commission des Finances de la Chambre des Députés, de M. Paul Jacquier, concernant le projet de loi tendant à autoriser la participation de l'Etat et des grands réseaux à l'exécution des grands travaux contre le chômage, Documents Parlementaires, n° 3768, p. 7.

complet, y compris les lignes secondaires, mais il ne saurait être invoqué contre un programme d'électrification, limité exclusivement à des lignes principales à gros trafic.

En ce qui concerne la traction autonome, la même distinction doit être faite entre le trafic léger des lignes secondaires, pour lesquelles le moteur Diesel peut apporter des solutions nouvelles tout à fait intéressantes, et le trafic lourds des lignes principales, pour lequel rien ne permet de prévoir que le Diesel puisse prendre un jour l'avantage sur la machine à vapeur.

Cette controverse paraît d'ailleurs close par la décision du Conseil supérieure de chemins de fer, fixant à 6.500 km, le développement total des lignes à grand trafic, pour lesquelles l'électrification apparaissait comme une opération rentable. C'est pour d'autres raisons (problème militaire, désir de laisser à la traction autonome un programme de construction de matériel qui lui permette de poursuivre ses progrès techniques) que le Conseil supérieur des chemins de fer a limité le programme de première urgence à 2.340 km de route.

Le problème de l'électrification des voies ferrées paraît donc être entré, depuis 1930, dans une phase décisive. Il bénéficie de l'appui des Pouvoirs Publics dans des décisions législatives récentes et a reçu une place de choix dans le programme de grands travaux envisagés pour lutter contre le chômage. Enfin, du point de vue plus particulier qui nous préoccupe, il s'intègre très heureusement dans le problème général de la mise en valeur de notre domaine hydro-électrique, et les hydrauliciens ne peuvent que se réjouir de le voir progresser.

La Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques, dans son rapport de 1934, ne faisant état que d'une cadence de réalisation modérée du programme de travaux arrêté, ne retient dans ses prévisions qu'un accroissement annuel de consommation de 45 millions de kwh, ce qui porterait en 1936 à 425 millions de kwh, la consommation totale de nos voies ferrées d'intérêt général électrifiées, au lieu de 600, chiffre approximatif correspondant à l'achèvement du programme dès maintenant décidé.

§ 3. Prévisions de consommation pour 1936

Les hypothèses faites dans le paragraphe précédent, ont été, nous le rappelons, les suivantes :

Distributeurs : augmentation annuelle de 5 % du chiffre de 1933, pour chacune des trois années (soit 370 millions de kwh par an).

Houillères et électrochimie : retour en 1936 aux chiffres de 1929 eux-mêmes légèrement inférieurs aux chiffres record de 1930.

Sidérurgie : en 1936, 80 % des chiffres de 1929.

Traction : augmentation de 135 millions de kwh, représentant la consommation des lignes Orléans-Tours et Montauban-Sète et l'accroissement de consommation de la ligne Béziers-Neussargues.

Ces prévisions conduisent pour ces diverses catégories de consommation à l'évolution suivante :

	1929		1930		1933		1936	
	millions de kwh	Indice	millions kwh	Indice	millions kwh	Indice	millions kwh	Indice
Distributeurs	6.495	100	6.780	104	7.415	114	8.525	131
Houillères	1.515	100	1.645	109	1.430	94	1.515	100
Sidérurgie	1.560	100	1.520	98	1.075	69	1.250	80
Electrochimie	2.470	100	2.875	116	2.015	81	2.470	100
Traction	830	100	845	102	875	105	1.010	120
Pertes	1.995	100	2.175	109	2.495	125	2.785	140
	14.865	100	15.840	107	15.305	103	17.555	118
% de pertes	13,5		13,7		16,3		15,9	

(Les calculs de pertes ont été revus à partir de 1933 et ramenés à un taux sans doute plus voisin de la réalité).

L'accroissement de consommation d'énergie prévu de 1933 à 1936 est donc de 2.250 millions de kwh, que la Chambre Syndicale croit pouvoir attribuer, à la suite d'une estimation des échanges d'énergie probables entre régions, pour 1.715 millions de kwh à l'énergie hydraulique, et 535 millions à l'énergie thermique. La région parisienne, dont l'accroissement de consommation propre doit être de 290 millions de kwh, recevrait 395 millions de kwh d'énergie

hydraulique, et devrait par conséquent réduire sa production autonome d'énergie thermique de 105 millions de kwh.

La fourniture de la consommation d'énergie électrique prévue pour 1936 serait donc assurée à raison de :

8.325 millions de kwh par l'énergie hydraulique

8.845 — — — — — thermique

385 — — — par les importations étrangères

17.555

La part de l'énergie hydraulique dans la production française se trouverait donc être de 48,5 % en progrès sur la proportion de 45 % habituelle, ce qui est bien conforme à la politique poursuivie de mise en valeur de nos richesses hydrauliques.

Compte tenu des travaux d'aménagement de chutes en cours et qui seront achevés en 1936, la capacité de production de notre domaine hydro-électrique sera à cette époque de 12.226 millions de kwh.

La Chambre Syndicale estime que deux facteurs doivent améliorer l'utilisation de cette capacité de production, qui, dans le passé et dans les années normales, avait oscillé entre 70 et 75 %. Ce sont : le développement du réseau d'interconnexion et la construction de barrages-réservoirs ainsi qu'il doit résulter des travaux actuellement en cours et qui seront achevés en 1936. Le coefficient d'utilisation devrait ainsi pouvoir atteindre 80 % (chiffre qui a été légèrement dépassé en 1930) et l'application de ce taux à la capacité de production définie ci-dessus conduirait à une production effective de 9.780 millions de kwh pour l'année 1936.

La surproduction virtuelle serait donc de :

$$9.780 - 8.325 = 1.455 \text{ millions de kwh.}$$

Ainsi donc, près d'un milliard et demi de kwh, pour lesquels existeront tout l'outillage de production et de transport ne pourront être produits, parce que ne trouvant pas de débouchés.

La Chambre syndicale estime que, en tenant compte des nouveaux aménagements qui seront mis en route en 1936, 1937 et 1938 (au total 300 millions de kwh) et de la progression de la consommation que l'on admet devoir se pour-

suivre à la même cadence de 750 millions de kwh par an, si l'on admet enfin que cet accroissement de consommation pourra être entièrement attribué à l'hydraulique, la résorption de ce suréquipement devrait demander un peu plus de deux ans et être achevée en 1939.

C'est donc seulement en 1939 que devraient apparaître de nouveaux aménagements non encore décidés à l'heure actuelle.

Compte tenu des délais d'exécution de ce genre de travaux, c'est dès 1935 qu'il y aurait lieu de se préoccuper de ces nouveaux aménagements, pour autant bien entendu que les prévisions de consommation faites n'aient pas été démenties, reculant d'autant la date de résorption du suréquipement actuel.

C'est un point sur lequel nous aurons l'occasion de revenir dans le titre III que nous allons maintenant aborder.

TITRE III

Tendances nouvelles du marché de l'énergie électrique Leurs conséquences

Nous avons eu, dans les chapitres précédents, à décrire, dans ses traits essentiels, les caractères de l'économie hydraulique, à en montrer les faiblesses, les difficultés, en raison du délai très long de formation des capitaux fixes. Nous avons eu l'occasion d'apercevoir quelques solutions. C'est toute cette partie constructive de notre étude que nous désirons maintenant reprendre pour la préciser.

Nous diviserons cette troisième partie en trois chapitres.

Dans un premier chapitre : « Schéma général d'organisation », nous nous efforcerons de montrer comment toute la mise en œuvre de notre domaine hydro-électrique va désormais graviter autour de l'organisation d'un vaste réseau national de transport, qui sera l'ossature du système.

Dans un deuxième chapitre consacré à l'intervention de l'Etat, nous rappellerons quelles sont les diverses modalités des concours ou interventions d'ordre administratif que l'Etat se doit d'apporter à la mise en valeur de ce domaine hydro-électrique qui, d'ores et déjà, fait partie intégrante de notre patrimoine national.

Dans un troisième chapitre : « L'utilisation électro-chimique », nous indiquerons les grandes lignes d'une solution déjà pressentie par des techniciens éminents, comme étant susceptible de devenir, dans un avenir proche, un mode d'utilisation par grandes masses de cette source de richesses.

CHAPITRE I

SCHEMA GENERAL D'ORGANISATION

Section I

Le superréseau, ossature du système

Nous avons déjà eu l'occasion de montrer comment, sous l'influence de différents facteurs techniques et économiques, on en était venu, par une évolution continue de l'organisation ancienne, de marchés locaux, sans liens entre eux, à l'organisation d'un vaste marché de l'énergie qui bientôt s'étendra à tout le territoire.

§ 1. *Avantages de la nouvelle politique, quant à l'organisation du marché de l'énergie électrique*

L'interconnexion de centres de production ayant des régimes hydrauliques et des aptitudes très différents, leur permet de se porter un mutuel secours, de compenser la pauvreté momentanée des uns par la richesse des autres, et ainsi d'obvier, dans une large mesure, à un vice fondamental de la houille blanche : son irrégularité saisonnière.

Cette nouvelle politique permet également de réduire très sensiblement la marge des équipements supplémentaires qu'un producteur isolé est obligé de consentir pour parer aux défaillances du matériel en service, puisqu'un même équipement supplémentaire peut servir à porter secours non plus à un seul, mais à de nombreux producteurs reliés entre eux. Ainsi s'est trouvée considérablement accrue la sécurité de la fourniture hydraulique qui

a permis à des secteurs de distribution importants, de passer avec des unions de producteurs, des marchés de fourniture d'énergie, qu'ils n'auraient jamais concius avec un seul.

En ce qui concerne l'organisation de la vente, l'interconnexion des centres de production permet de coordonner la production, en lui assurant de plus larges débouchés, en facilitant la bonne utilisation des usines hydrauliques, en donnant aux usines hydrauliques et thermiques la possibilité de s'entraider efficacement suivant leurs qualités propres, et en évitant les doubles emplois coûteux et stériles. Elle constitue donc la clef de voûte d'un développement cohérent de la production dans le sens de l'intérêt général. C'est pourquoi la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques a pu dire que, si l'on avait réalisé plus tôt le programme des grandes lignes de transport, « on aurait pu plus facilement éviter la surproduction ou plus exactement, on aurait pu plus facilement éviter le développement parallèle des installations thermiques et hydrauliques »¹.

Suivant une formule faisant image, M. Maroger pouvait dire, dès 1928, dans une Conférence tenue à Vienne, en parlant des grands réseaux d'interconnexion : « Ils seront à l'électricité ce que les chemins de fer ont été à la houille, c'est-à-dire la condition même de son extension et de sa répartition sur l'ensemble du pays »².

Enfin, considération plus importante encore à nos yeux, cette mise en commun des besoins de consommation, accompagnant la mise en commun des moyens de production, en rapprochant sur un espace plus vaste, producteurs et consommateurs, permettra aux premiers d'accélérer le rythme du placement de leur énergie puisqu'au lieu de disposer seulement d'un secteur isolé, chaque tranche nouvelle de production peut se répartir sur une région beaucoup plus vaste. Ainsi est grandement atténué le rythme scalaire, discontinu des investissements hydrau-

1. 7^e série de rapports au Conseil National économique. M. André Janet *J.O.* 23 août 1933, annexe 38, p. 895.

2. Publications du XII^e groupement économique régional. La manifestation annuelle de la Houille Blanche et du Tourisme. 1928, p. 26.

liques, que nous avons décrit page 32, puisque l'apport de chaque chute nouvelle ne représente plus qu'une fraction très petite de l'ensemble des besoins groupés, et qu'ainsi on peut obtenir un ajustement plus parfait dans le temps de la progression des besoins et de la progression des moyens de production. Le producteur hydraulicien ne devra plus, comme autrefois, ou anticiper sur la consommation, ou être en retard sur elle, et la laisser aller au thermicien. En temps normal, la période d'improductivité totale ou partielle, et les intérêts intercalaires que l'entrepreneur devait payer au capitaliste, seront donc sensiblement réduits.

§ 2. *Principes de fonctionnement.*

Ainsi donc, plus de rapports directs de producteurs à consommateurs. On voit s'entremettre entre eux un organisme intermédiaire, organe de répartition, de régularisation, établissant des uns aux autres un trait d'union d'une extrême sensibilité.

A la conception ancienne de la ligne de transport, formant un canal d'écoulement à sens unique, avec à une extrémité un ou plusieurs producteurs, à l'autre extrémité un ou plusieurs consommateurs, se substitue « la conception nouvelle d'un vaste réseau ramifié, véritable réservoir général dans lequel déversent toutes les usines raccordées et d'où partent une série de canaux alimentant les divers clients »³.

Mais, à vouloir ainsi rendre étroitement solidaire les unes des autres, électriquement parlant, deux ou trois centaines d'usines, des milliers de clients, ne risque-t-on pas de graves désordres, tenant aux répercussions, que ne manqueront pas d'avoir sur cet organisme immense, les accidents survenus soit dans les usines, soit le long des lignes de transport.

Cette éventualité, si l'on remonte à quelques lustres en arrière, aurait certainement fait hésiter les techniciens. Aujourd'hui, ces questions de sécurité, de sélection des

3. Conférence Maroger, *op. cit.*, p. 25.

perturbations et de protection ont fait de suffisants progrès pour que l'on soit sûr de pouvoir localiser dans son voisinage immédiat, les conséquences d'un accident d'exploitation sans que le fonctionnement du réseau en soit troublé ou ne le soit que très passagèrement. Enfin, la disposition générale du superréseau (lignes doubles, réseau bouclé) permettrait, en cas d'accident grave et durable, d'avoir toujours un moyen de secours pour l'alimentation des grands centres de consommation.

Comment enfin ajuster à chaque instant, quantitativement, offres et demandes, puisque producteurs et consommateurs n'ont plus aucun rapport direct entre eux, et qu'au surplus, il ne faut pas songer à vouloir individualiser les fournitures provenant de tel ou tel producteur, les livraisons destinées à tel ou tel consommateur. Comment régler le niveau dans ce vaste réservoir ?

Sans entrer dans des explications techniques qui n'auraient pas leur place ici, on peut dire que le réglage de la fréquence permet de résoudre très simplement ce problème. Qu'on se figure avec un peu d'imagination cet immense organisme, tel un être vivant dont le cœur bat à 50 périodes par seconde. Il ne connaît ni fièvre, ni dépression, et la régularité de cette pulsation collective est telle qu'on l'utilise maintenant pour la transmission de l'heure. Que faudra-t-il pour cela ?

Pour la plupart des usines productrices, la simple consigne de se tenir à un programme de production déterminée, modifié bien entendu chaque fois qu'il est nécessaire, sur les indications du bureau central de répartition des commandes (le dispatcher général, disent les électriciens.)

Pour un petit nombre d'entre elles, disposant d'une réserve de puissance et d'énergie, la charge de régler cette pulsation, en diminuant sa propre puissance, quand la fréquence (ou le niveau dans le réservoir si l'on préfère) s'élève, en l'augmentant, quand la fréquence baisse. Bien entendu, ce serait faire injure aux électriciens que de douter un seul instant que ces réglages ne soient faits avec un rigoureux automatisme, par quelque organe mystérieux, inconscient mais docile, de cette immense machine. Moyennant quoi, tout se passe le mieux du monde, dans ce gigan-

tesque concert, dont les exécutants, tapis au creux des vallées, s'ignorent mutuellement.

Il ne faut pas pousser trop loin cependant cette conception *unitaire* du réseau national. Ce n'est pas un bloc d'une seule pièce ; c'est un organisme complexe, dont les différents membres, les régions hydrauliques et, à l'intérieur de ces régions, les centrales, ont une certaine individualité, des aptitudes particulières. L'union de ces différentes régions, sous une direction commune, permettra précisément de tirer parti de ces aptitudes particulières. Notamment, il sera possible, ainsi que nous avons eu l'occasion de l'indiquer déjà, page 48, d'opérer d'un bout à l'autre des transferts d'énergie, par une série de transports sur de courtes distances et de substitution aux points de contact de ces différentes régions. Ces transferts ou ces « glissements », pour employer une expression plus couramment usitée dans le langage technique, ne sont pas autre chose que des translations d'énergie le long des axes fictifs réunissant, suivant les saisons, les régions à forte pluviosité aux régions à faible pluviosité. Leur emploi judicieux, avec toute la spontanéité nécessaire, grâce à une entente parfaite entre les diverses régions, peut accroître singulièrement l'efficacité de l'organisme général, et concourir à une plus parfaite utilisation des ressources d'ensemble.

§ 3. *Un exemple de réalisation : le réseau Upepo*

On aurait d'autant moins de raison de douter des possibilités de fonctionnement de ce superréseau, que l'expérience en a été faite depuis plusieurs années, sur un réseau régional déjà très complexe, par l'Union des Producteurs d'électricité des Pyrénées Occidentales (Upepo). Nous avons donné, dans le chapitre III du titre I quelques indications sur sa constitution et son objet social.

α) *Consistance du réseau et de ses moyens de régularisation.* Nous les compléterons ici pour préciser l'importance technique et commerciale de ce groupement, le mécanisme de ces opérations d'achat et de vente d'énergie, la nature juridique de son activité sociale.

Le réseau qu'elle utilise comprend, pour la presque

totalité, des lignes à 150.000 v appartenant à la Compagnie du Midi (750 km) auxquelles viennent s'adjoindre environ 150 km de lignes secondaires à 60.000 v ou 80.000 v appartenant à certains de ses adhérents. La disposition générale du réseau à 150.000 v est celle d'un fer à cheval dont les deux branches sont Lannemezan-Bordeaux et Lannemezan-Toulouse, Lannemezan étant le siège du « dispatcher général »; des prolongements secondaires poussent, jusqu'à Angoulême, dans le Massif Central jusqu'au Pinet et Loval-de-Cère, et tendant la main aux Alpes, jusqu'à Bagnols-de-Cèze. Les sociétés adhérentes disposent de 36 usines (30 dans les Pyrénées et 6 dans le Massif Central) dont la puissance installée totale est de 600.000 kva, la capacité de production annuelle normalement disponible de 1.700 millions de kwh, la puissance de pointe 250.000 kw.

Nous avons indiqué, page 60, les réserves lacustres dont dispose *Upepo*. Elle ne les estime pas suffisantes pour assurer une régularisation correcte de la puissance à fournir; elle dispose en outre d'une puissance thermique d'appoint de 68.000 kw répartie en 5 usines (Bordeaux, Bayonne, Carmaux, Graissessac, La Grand'Combe) pouvant fournir normalement 50.000 kw et capable par conséquent de compléter, suivant les besoins, les 200 millions de kwh en réserve dans les lacs. D'ailleurs, au-delà de 1 fr. d'investissement par kwh d'énergie de lacs ou de barrages, il est préférable d'installer des centrales thermiques.

β) *Les résultats obtenus*. Après quelques années de fonctionnement et mises au point des méthodes d'exploitation le coefficient d'utilisation de l'ensemble des disponibilités des adhérents atteint maintenant couramment 80%.

Actuellement, sur 1.700 millions de kwh disponibles, 1.200 millions sont placés. Sur les 500 millions restant, les techniciens de *Upepo* estiment que 300 millions de hautes eaux (avril et juin) seront difficiles à placer et ne pourraient l'être que pour la traction électrique, grâce aux travaux de régularisation du Massif Central, ou chez les électrochimistes par une meilleure adaptation de leurs programmes de fabrication aux possibilités du réseau. Les 200 autres millions, provenant de pointes réparties sur les autres mois de l'année, doivent pouvoir être placés assez aisément au

fur et à mesure de l'extension du réseau, par une meilleure utilisation des réserves.

L'interposition de cet organisme intermédiaire entre producteurs et acheteurs, entraîne des frais de vente qu'on peut évaluer à 3 ou 4 % du chiffre d'affaires, comprenant 1 % de frais de personnel ou frais administratifs, et 2 à 3 % de frais généraux professionnels, moyennant quoi certaines affaires deviennent possibles, car seul, un groupement de cette nature permet d'obtenir des conditions de sécurité dans les fournitures qu'un producteur isolé ne pourrait assurer.

γ) *Les contrats.* Au point de vue juridique, cet organisme comprend 4 groupes de personnages : des vendeurs d'énergie qui sont les sociétés adhérentes, des acheteurs qui sont ces mêmes sociétés par le jeu des échanges ou d'autres sociétés non productrices, un transporteur qui est la Compagnie du Midi, et un commissionnaire en énergie qui est *Upepo*.

Il n'y a jamais de contrats entre acheteurs et vendeurs mais seulement des contrats de fourniture entre les vendeurs et le commissionnaire, des contrats de vente entre le commissionnaire et les acheteurs, un contrat de transport qui n'est autre qu'une lettre de voiture collective et générale, entre le commissionnaire et le transporteur.

Upepo s'engage donc à prendre livraison de certaines quantités d'énergie en des points et à des prix déterminés, pour les confier au réseau du transporteur, dont ce dernier à bien entendu à assurer l'entretien, puis ensuite s'engage vis-à-vis des acheteurs, à leur livrer d'autres quantités d'énergie à des prix et dans des conditions d'horaire déterminés.

Upepo a bien entendu toutes initiatives pour régler les conditions de marche des usines adhérentes, dans la limite de leurs engagements, ainsi que les conditions d'utilisation des réserves lacustres ou thermiques, de façon à vendre le plus d'énergie possible, car tel est le but spécial assigné à son activité.

Upepo n'est donc pas autre chose qu'un organisme de vente collectif. Elle ne possède en propre aucune installation industrielle, mais seulement des locaux administratifs. Mais ce n'est pas seulement un bureau de répartition des commandes ; c'est aussi un véritable cartel à répartition de bénéfices.

Les obligations de chaque adhérent consistent essentiellement à mettre à la disposition de *Upepo* une ou plusieurs tranches de puissance, différenciées par les conditions d'horaire de la fourniture et par l'origine de la puissance fournie (énergie au fil de l'eau ou énergie de lacs). Cette puissance, ou le total de ces diverses puissances s'appelle la *puissance souscrite* de l'adhérent. Le total des puissances souscrites pour l'ensemble du réseau d'*Upepo* est de 90.000 kw. Bien entendu, si le total des puissances demandées est inférieur au total des puissances souscrites il est procédé à une répartition au prorata de ces puissances souscrites.

Après avoir livré sa puissance souscrite, chaque adhérent assure ses propres besoins, et s'il y a un reste, ce reste, appelé puissance d'excédent, est mis de nouveau à la disposition d'*Upepo*, qui en assure le placement s'il trouve acquéreur.

Les puissances souscrites, qui donnent lieu à des contrats dits *contrats A*, comprennent des puissances non reportables, c'est-à-dire qui doivent être consommées dans la journée même où elles sont offertes, et des puissances reportables, qui peuvent être consommées jusqu'à concurrence d'une durée déterminée suivant un horaire quelconque.

Les puissances non reportables comprennent à leur tour une première catégorie de puissances dites continues, devant être fournies pendant 24 heures, et affectées pour la répartition des bénéfices du coefficient 1,4 ; une seconde catégorie, dite « de rivière », affectée du coefficient 1, que l'adhérent a l'obligation de fournir pendant 14 heures par jour, s'il en est requis, mais qu'*Upepo* a la faculté de reporter sur 24 heures ; un troisième catégorie, dite puissance d'écluse, affectée du coefficient 0,48, à fournir pendant 6 heures, mais pouvant également, dans le cas où *Upepo* le demande ou y consent, être fournie sur 24 heures comme la précédente.

Les puissances reportables correspondent à l'énergie de lacs et comprennent, soit la puissance de lacs, P_1 , à fournir pendant 1500 heures, affectée du coefficient 0,7, soit de la puissance de pointe, P_2 , à fournir pendant 600 heures, affectée du coefficient 0,5, en principe du 1^{er} août au 1^{er} mars.

suivant. P_1 et P_2 pour un lac donné, sont déterminées rès simplement par les 2 équations :

$$1500 P_1 + 600 P_2 = \text{Capacité totale du lac en kwh}$$

$$P_1 + P_2 = \text{Equipement maximum de la centrale en kw.}$$

A l'ensemble des puissances souscrites, correspond un ensemble de ventes dites ventes A.

Comment va se faire la répartition des recettes ?

Du total encaissé, on déduit d'abord les péages à payer au transporteur (de 0,01 à 0,05 par kwh pour des distances variant de 50 à 250 km), puis une redevance minime par kwh vendu, pour les frais et le bénéfice du commissionnaire et qui formera son chiffre d'affaires.

Ces frais de transport et de commission étant payés, il est alloué d'abord à chaque adhérent, $K \times a$ centimes par kwh effectivement livré par lui et enregistré par ses compteurs ($K = 0,9$; a est en centimes le prix du kilog d'azote en francs dans la cyanamide), après quoi le solde est réparti au prorata des puissances souscrites affectées de leurs coefficients respectifs. Un exemple numérique montrerait que le jeu de ces coefficients est précisément de valoriser l'énergie de lacs ou l'énergie d'éclusée.

Les puissances d'excédent donnent lieu à des contrats dits contrats B, ne comportant aucune obligation de part ni d'autre. Le total des ventes B, en résultant est réparti suivant des règles identiques.

Nous avons tenu à donner quelque développement à nos explications sur le fonctionnement de *Upepo*, car ce groupement, déjà important puisqu'il contrôle près de 1/5 de la production d'énergie hydraulique française, représente un effort très méritoire d'organisation de la production et de la vente de l'énergie électrique, dû entièrement à l'initiative privée, et qui doit en quelque sorte servir de prototype au superréseau national en voie de gestation.

§ 4. *La loi du 19 juillet 1922*

L'article unique de cette loi, qui est devenu l'art. 3 bis de la loi fondamentale du 15 juin 1906, forme le statut légal de ce qu'on peut appeler les transports en commun de l'énergie

électrique. Son texte est à citer, car il précise très clairement les buts économiques poursuivis par cette organisation.

« Dans le but d'assurer une utilisation plus complète et une meilleure répartition de l'énergie électrique, qu'elle provienne d'usines thermiques ou hydrauliques, l'Etat, s'il n'en prend lui-même l'initiative, pourra *obliger* les producteurs, et au besoin les distributeurs d'énergie, les départements, communes et services publics d'une même région intéressés sous une forme quelconque à un transport d'énergie électrique, à constituer sous sa direction, et le cas échéant, avec son concours financier, un *organisme collectif spécial*, en vue de construire et d'exploiter un réseau de lignes de transport à haute tension, destinées notamment à joindre les usines productrices entre elles, et aux sous-stations de transformation d'où partent les lignes de distribution ». (alinéa 1).

« Le Cahier des Charges fixera les taxes maxima de péage que l'organisme collectif sera autorisé à percevoir des usagers du réseau, que tous les producteurs et distributeurs de la région intéressée pourront être tenus d'emprunter pour le transport de leur énergie ». (alinéa 4).

En fait, l'Etat n'a jamais eu à intervenir, ni à appliquer aucune des mesures coercitives prévues par l'al. 2, pour contraindre, par voie de rachat ou d'expropriation, les producteurs ou distributeurs qui s'y seraient refusés, à prêter leur concours à la création de semblables organismes collectifs.

Il convient de souligner le caractère de services publics donné par la loi aux réseaux de transport à haute tension, puisqu'il y a obligation de transporter si les usagers le demandent, et obligation de ne pas dépasser un tarif de transport maximum.

Comme le tarif maximum de vente de l'énergie des chutes concédées, le tarif maximum des droits de péage comporte une taxe fixe annuelle par kilovoltampère de puissance apparente souscrite au départ et par kilomètre utilisé; une taxe proportionnelle par unité d'énergie effectivement transportée et par kilomètre. Ces deux taxes kilométriques impliquent en outre un minimum de parcours imposé à tout usager (70, 80, ou 100 kilomètres).

Naturellement, les déperditions d'énergie dans le transport sont à la charge de l'usager, qui n'a le droit de disposer à l'arrivée que de la puissance qu'il a déversée ou fait déverser pour son compte au départ, diminuée de la quote-part des pertes mesurées ou évaluées, sur l'ensemble du parcours ⁴.

§ 5. *Les grandes artères du superréseau*

Si l'on examine une carte de ce superréseau, on remarque une certaine similitude de tracé avec celui des réseaux de chemins de fer d'intérêt général : des lignes convergentes de grande puissance vers la région parisienne, et des transversales, constituant plutôt des lignes d'équilibre pour les échanges de régions à régions. La similitude ne peut être complète, car, à moins qu'elles n'y soient obligées par la nécessité de rassembler au passage des puissances à transporter, ou de traverser des centres de consommation importants, les lignes de transport d'énergie peuvent franchir transversalement monts et vallées sans être astreintes, comme les chemins de fer, à construire des ouvrages d'art coûteux.

La méthode suivie dans le tracé de ce superréseau, précise le Conseil d'administration de la Chambre Syndicale, dans son rapport de 1934, « a consisté à grouper dans une série d'organismes chacune des lignes du réseau général, et à exécuter chacune de ces lignes au fur et à mesure qu'étaient constituées ces ententes et réunis les concours financiers nécessaires. Elle a paru à certains lente et compliquée dans sa réalisation, et incertaine dans sa conception d'ensemble ».

Ces reproches ne sont pas fondés et, si l'on examine de bonne foi les réalisations de ces dernières années, on ne peut méconnaître que ces réalisations successives, fragmentaires, finissent par s'intégrer dans un ensemble parfaitement cohérent. L'exemple anglais ne peut « a contrario » que confirmer cette opinion. Inspirée précisément d'un plan d'ensemble initial plus ambitieux, cette méthode de

4. M. Devun, *Améliorations des conditions de vente ou de transport d'énergie* 3^e Congrès de la Houille Blanche, Section administrative, 3^e Rapport, p. 11.

réalisations préconçues a conduit à édifier des lignes dont l'utilité est très contestable et par conséquent a provoqué un certain gaspillage de capitaux⁵.

Si l'on examine le plan français, peut-être trouve-t-on que, dans la région nord des Alpes, qui est la plus anciennement électrifiée, et avait la première créé des transports inter-régionaux, une certaine confusion règne par suite de la superposition du réseau à 220.000 v, avec l'ancien maillage à 120.000 v ou 150.000 v de la Steda (Société de transport d'Énergie des Alpes). Il n'était guère possible de faire autrement pour mettre à exécution la nouvelle politique de transport à plus longue distance, sans troubler gravement l'exploitation du réseau régional.

Mais on constate, par contre, pour le reste du territoire, où l'on a moins été gêné par des réseaux anciens, une ordonnance parfaitement cohérente.

De Paris, entouré par une boucle à 220.000 v, ouverte entre Gennevilliers et Chevilly, et réunissant entre elles les grandes centrales thermiques, partent :

1° Vers le Massif Central et jusqu'à Eguzon, 2 lignes à 90.000 v. appartenant au P.O., et 2 lignes à 220.000 v., l'une en fonctionnement exploitée par la même société, l'autre en construction par les soins de *Témac* (Société de Transport de l'énergie du Massif Central) jusqu'à Orléans

5. « La législation anglaise » (*Electricity supply Act* du 23 décembre 1919 modifié et complété en 1926) a institué une sorte d'office appelé Central Electricity Board (C.E.B.), dont les membres sont désignés par le Ministre des Transports, avec mission de construire un réseau couvrant tout le territoire, en accord avec les plans prévus par des Electricity Commissioners, institués eux-mêmes par la loi de 1926 qui leur confèrait des pouvoirs dictatoriaux en matière de sélection de centrales.

L'objet de ce réseau est de relier les stations génératrices principales entre elles et d'écarter celles dont le prix de revient est trop élevé. Le C.E.B. qui fonctionne en fait comme une société privée, achète toute l'énergie et revend aux distributeurs organisés en districts, à la tête desquels se trouvent des « joint electricity authorities », sorte d'organismes collectifs, dont le rôle est de « provide or secure the provision of a cheap and abundant supply of electricity within their district ». On voit le but : procurer un abondant approvisionnement d'électricité à bon marché (Cf. Halsbury's Laws of England, par Lord Hailsham. 3^e éd. t. 12).

Le réseau, sur le point d'être achevé, comprendra au total 6.500 km de lignes. On peut se demander précisément si une telle interconnexion n'est pas poussée trop loin et si elle ne dépasse pas le but à atteindre. On voit mal en effet la possibilité de renter des artères d'interconnexion de région à région, qui relient des ensembles ayant les mêmes aptitudes, et qui, par conséquent, ne peuvent être que des lignes d'équilibre.

(poste de Chaingy), par les soins de l'Union d'Electricité d'Orléans à Paris. Cette double ligne, à 220.000 v, se poursuit jusqu'à Marèges, 1 ligne au P.O. et l'autre à *Témac*, une seule ligne appartenant à *Témac* poussant ensuite jusqu'à la Truyère. C'est la plus puissante artère du réseau national français, formant le côté gauche du vaste triangle Paris — La Truyère — Lyon, qui en constitue la pièce maîtresse.

2° Vers les Alpes une nouvelle artère à 220.000 v. (en construction) dont la longueur dépassera celle de la précédente, poussant jusqu'au grand barrage du Sautet sur le Drac, en passant par le Creusot (poste Henri Paul) Lyon et Grenoble. Le concessionnaire de cette grande artère est l'Union pour l'Industrie et l'électricité (*Unie*) dont nous avons donné, page 96, les caractéristiques.

3° Vers le Rhin, une ligne à 220.000 v. dont le tronçon Paris-Troyes est en construction par les soins de *Stedif* (Société de transport d'énergie de l'Ile de France) et le tronçon Troyes à Kembs, à la Société Transélectrique, est en fonctionnement.

Une cinquième artère à 220.000 v a été projetée de Paris vers la région minière du Nord. Elle s'arrête pour l'instant à Roye ; la construction de son prolongement sur Paris est en suspens. Peut-être aura-t-elle lieu quand l'utilisation des combustibles inférieurs des Mines du Nord et du Pas-de-Calais donnera des excédents tels qu'on jugera opportun d'en envisager le transport sur Paris. Pour le moment, il est plus économique de transporter par eau le charbon de bonne qualité plutôt que l'électricité.

Quant aux artères transversales dont le rôle est surtout de faciliter les échanges d'énergie de région à région, on peut noter :

1° En bonne place, dans la région pyrénéenne, la vaste boucle d'*Upepo* à 150.000 v., poussant à l'Ouest jusqu'à Nantes par les soins de *Stelo* (Société de transport de l'énergie de l'Ouest) et vers l'Est, jusqu'à Bagnols-de-Cèze, en participation avec *Unie*, le Littoral méditerranéen, les Mines du Gard, puis au-delà jusqu'au Sautet, par les soins de *Unie*, fermant ainsi la boucle avec l'artère à 220.000 v. venant de Paris.

2° La base du triangle central à 220.000 v., la Truyère à Lyon, à la Société de Transport d'énergie du Centre (*Stec*) en passant par Monistrol-sur-Allier et Saint-Etienne.

3° Une transversale devant être à 120.000 v., Issoudun Bourges, Le Creusot (Société Rhône-Eguzon).

4° Une transversale à 150.000 v., à *Stec*, (pouvant éventuellement être prolongée jusqu'à Eguzon) partant de Montluçon par Gannat et Roanne, vers Chancy — Pougny d'une part, vers la Basse-Isère d'autre part, en passant par Saint-Etienne.

Les nœuds principaux de ce vaste filet seront, sur le triangle central : Paris — Orléans, (poste de Chaingy), avec 9 lignes en partant ou y aboutissant — Eguzon (7 lignes), — Marèges (4 lignes) — le poste de Rueyre à la Truyère (4 lignes) — Monistrol-sur-Allier (4 lignes) — Saint-Etienne (6 lignes) — Lyon (très enchevêtré, nœud complexe) — Le Creusot (7 lignes).

Nous avons indiqué, pour chaque ligne ou tronçon de ligne, les noms des concessionnaires, pour bien montrer l'extrême complexité de l'organisme qui est en train de s'édifier. Mais il ne s'agit là que d'une façade.

Derrière cette façade, se trouvent des groupements cohérents et puissants qui, par le truchement de ces filiales, investissent leurs propres réserves ou les capitaux qu'ils ont pu se procurer grâce à leur propre crédit, dans des entreprises de transport spécialisées dont ils gardent le contrôle.

§ 6. *Le terme de l'évolution*

Le réseau national qui s'édifie ainsi pièce à pièce, au fur et à mesure des nécessités, et sans plan préconçu ambitieux, continuera-t-il à se développer sous sa forme composite actuelle, ou bien cette mosaïque d'entreprises, ayant chacune leur ligne, souvent même leur tronçon de ligne, deviendra-t-elle, un jour une seule et même entreprise, chargée de toutes les transactions interrégionales d'énergie électrique ? Les prophéties, comme les définitions, ont toujours constitué un exercice périlleux, et nous nous garderons bien d'en émettre une.

Il n'est pas douteux cependant que la nécessité d'élargir les débouchés et par suite de transporter l'énergie électrique

à plus longue distance, n'ait profondément modifié les conditions du marché de l'électricité. C'est un fait économique indéniable, relativement récent, que nous nous sommes efforcé de mettre en lumière à différentes reprises. C'est donc dans la ligne générale de ce fait économique qu'il faut rechercher le terme de l'évolution du système.

En quoi a consisté ce fait ? A interposer entre producteurs et distributeurs une nouvelle couche d'entreprises, les entreprises de transport, et à rendre les transactions interrégionales au lieu de locales.

Mais ces transactions ne sont le plus souvent que bilatérales. Sauf pour la région des Pyrénées, il n'y a pas, dans d'autres régions, d'organisme centralisateur qui rende ces transactions multilatérales. Or, le rôle principal de ces organismes est de mettre en relations permanentes producteurs et distributeurs, à leur insu même, par la seule connaissance qu'ils ont des besoins des uns et des possibilités des autres. Ainsi donc, l'organisation d'entreprises de transports spécialisées, pour être efficace, doit nécessairement comporter d'un commissionnaire, d'un placier en énergie. C'est l'exemple que nous donne la région du Sud-Ouest sur le plan régional et il devra être suivi sur le plan national.

Enfin, il s'agit encore, dans l'état actuel, d'un marché ayant fort peu de liberté, où prix et quantités offertes ou demandées n'exercent qu'une influence mutuelle très faible. Dans la grande majorité des transactions et sauf peut-être pour quelques excédents saisonniers, les prix d'achat ou de vente sont fixés par des contrats de longue durée ou, s'ils sont variables, ne dépendent pas du tout des variations des quantités offertes ou demandées, mais des variations de cours d'une autre marchandise, en général l'azote des engrais dont les fluctuations sont sans aucun rapport avec les fluctuations quantitatives du marché de l'énergie électrique. On connaît la raison de cette fixité ; c'est la grande rigidité du coût de production qui pousse le producteur à couvrir la plus grande partie de ses charges financières, même souvent avant d'avoir commencé les investissements, par des contrats fermes en quantités et en prix.

Or, le marché de l'énergie électrique ne retrouvera une réelle extension, une réelle souplesse, que du jour où, se libérant

des formules de fixité à conserver pour une certaine tranche de base, il se soumettra, pour la majeure partie des transactions saisonnières ou quotidiennes, au libre jeu des lois de l'offre et de la demande. On arrive ainsi par étapes à concevoir l'organisation du marché de l'énergie électrique sur le modèle des Bourses de marchandises.

Tel est le sens de la comparaison très juste et très suggestive de M. Ailleret que nous citons ci-dessous. Mais M. Ailleret pense plutôt aux bourses de valeurs qu'aux bourses de marchandises. Or, c'est plutôt à une Bourse de marchandises qu'il faut songer, car, ainsi que nous l'avons montré dans le chapitre I, l'énergie électrique est, plus peut-être qu'aucune autre marchandise, un bien toujours identique à lui-même, qui circule avec une grande rapidité, et doit pouvoir par conséquent, aussi bien que le blé, le sucre, le café, faire l'objet de transactions dans une bourse de commerce.

Voici le passage de M. Ailleret qui, bien entendu, présente ses vues comme une anticipation :

« Les uns, — dit-il —, livrent l'énergie au réseau, les autres lui en prennent, sans que la question ait un sens de savoir où va chaque kilowatt-heure produit, et d'où vient chaque kilowatt-heure consommé ; les échanges présentent une certaine analogie avec les bourses, où acheteurs et vendeurs s'adressent à un agent de change sans que chacun connaisse sa contre-partie. Il ne serait pas impossible de concevoir quelques bourses régionales d'énergie avec des opérations d'arbitrage pour régler les échanges de courant d'une place à l'autre. L'énergie pourrait s'acheter et se vendre à terme, les puissances livrables à des heures différentes se cotant naturellement à des cours différents. Les distributeurs achèteraient par exemple du courant d'hiver à terme, pour alimenter leurs secteurs. Les producteurs disposant d'énergie de lacs pourraient également la vendre à terme. Quant aux excédents temporaires d'énergie, ils se négocieront sur le marché au comptant »⁶.

Nous aurons à revenir, dans la section suivante, sur cette

6. Cité par M. Louis Marlio, sans autre référence dans « L'industrie électrique en France », *Revue des Deux-Mondes*, 15 novembre 1931, p. 350.

conception pour montrer qu'on doit arriver dans le sens de l'évolution qui se dessine, à une organisation beaucoup plus unifiée des grandes transactions de l'énergie électrique. Le nombre très restreint des opérateurs, la rareté des transactions elles-mêmes pour ce qui concerne l'énergie saisonnière, conduiront à cette unification et pratiquement ces grandes transactions s'effectueront comme les compensations bancaires, par deux ou trois douzaines de personnes, réunies autour d'un tapis vert, quatre fois par an. Quant aux transactions relatives aux excédents quotidiens, ou ne devant durer que quelques jours, elles auraient lieu sur de simples communications téléphoniques. Mais nous ne voyons pas qu'il puisse y avoir de place dans cette organisation pour des bourses régionales.

On saisira mieux le mécanisme de ces transactions lorsque nous aurons exposé la stratification qui s'opère actuellement dans l'organisation des entreprises.

Section II

Les trois étages d'entreprises

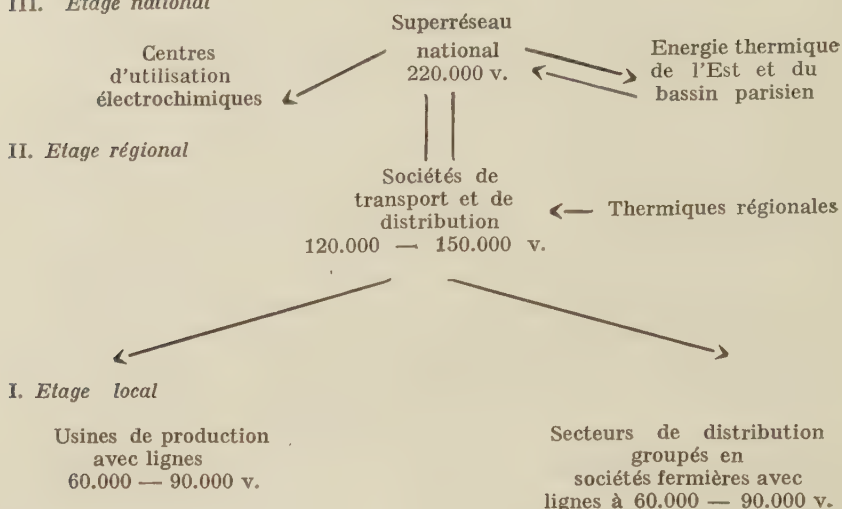
Nous avons marqué, dans le chapitre III du titre I, la tendance à la spécialisation fonctionnelle des entreprises, sur le plan technique, dans le but de confier à des groupements d'entreprises distinctes, les différentes opérations de production, de transport et de distribution.

Comment va se poursuivre cette organisation autour de l'ossature que nous venons de décrire, le superréseau.

L'organisation d'ensemble que nous concevons, avait été déjà exposée avec quelques variantes au 3^e Congrès de la Houille Blanche en 1925⁷, ce qui montre bien qu'elle correspond à une évolution déjà pressentie depuis plusieurs années, par des représentants éminents de cette industrie.

Cette organisation, qui s'applique plus spécialement à l'ensemble de notre domaine hydro-électrique, peut être schématisée de la façon suivante :

7. MM. Bloch et Maroger *Les entreprises de houille blanche et le crédit*. Section économique. 3^e rapport, p. 9 et suiv.

III. *Etage national*§ 1. *Etage local : secteurs de distribution et usines de production.*

A la base, des secteurs de distribution, qui n'auront plus à se préoccuper d'avoir à investir des capitaux pour se procurer de l'énergie, mais pourront consacrer uniquement leur activité et leurs ressources financières à propager les applications de l'électricité dans leurs zones.

Le financement de ces entreprises ne présentera pas de difficultés particulières, et pourra être laissé à l'initiative privée sans avoir à solliciter le concours de l'Etat, sauf pour les secteurs purement ruraux qui seront rarement payants. Pour ce qui concerne ces derniers, la législation en vigueur, issue de la loi fondamentale du 2 août 1923, y a pourvu, par l'intermédiaire des communes ou syndicats de communes, revêtus de l'autorité concédante (*supra*, pages 209 et suivantes).

Les capitaux nécessaires devront être directement proportionnés aux extensions ou renforcements des réseaux locaux en moyenne et basse tension, par tranches assez peu importantes.

Le contrôle de ces distributions locales d'énergie élec-

trique a fait l'objet des décrets du 6 septembre 1912, du 28 février 1920, et de la circulaire ministérielle du 28 mai 1920. Il est confié dans chaque département à l'ingénieur en chef du service du contrôle.

Enfin, une organisation régionale, analogue à l'organisation déjà existante pour le contrôle des concessions de transport (*infra*, page 310) est à l'étude pour le contrôle des concessions de distribution aux services publics. Un projet de décret est soumis à l'examen du Conseil d'Etat et les textes correspondants deviendront sans doute définitifs avant la fin de l'année 1934.

Il n'est pas inutile de remarquer que l'organisation actuelle est extrêmement morcelée, puisque 30.000 contrats de concession environ sont actuellement en vigueur⁸ et sont répartis entre 300 sociétés, syndicats ou régies environ, pour ne tenir compte que de la majorité d'entre elles adhérant au syndicat des Producteurs et Distributeurs d'électricité.

Une telle dispersion ne rend pas très aisée, on le conçoit, la tâche de révision des tarifs.

C'est pourquoi il serait souhaitable que cette poussière de secteurs ou de petites sociétés locales de distribution pût être agrégées sous forme d'un certain nombre de sociétés fermières de moyenne importance, restant cependant sur le plan local, mais pouvant étendre leur activité et poursuivre le travail de révision et de différenciation des tarifs sur le territoire d'une région, présentant des caractères économiques propres au point de vue de la consommation de l'électricité. Il faudrait éviter cependant que ces groupements devinssent des organismes à gros frais généraux, avec une organisation verticale trop imposante. Il s'agirait plutôt d'une organisation dans le sens horizontal de façon à garder, grâce à des cadres relativement peu nombreux, un contact permanent avec les populations à desservir.

Sur le même plan local, mais avec un tout autre objectif, seront placées les centrales hydrauliques groupées suivant leur emplacement géographique, leur commune situation le long d'un cours d'eau, leur dépendance d'un même

8. Jean Rossignol de Fargues, *Les nouveaux index économiques électriques*, p. 13.

ouvrage régulateur, sous forme d'entreprises de production spécialisées. Ces entreprises auront également la charge de construire et d'exploiter les lignes à 60.000 ou 90.000 v. restant leur propriété et destinées à relier ces centrales aux réseaux de transports régionaux.

Le concours de l'Etat devra quelquefois être requis pour réunir les capitaux parfois considérables qui seront nécessaires à la création de ces entreprises. Il pourra arriver, du moins si, comme nous le pensons, on veut résolument poursuivre l'effort de déflation des prix de l'électricité pour en étendre les usages, que les prix de revient des nouvelles usines, handicapées par la loi du rendement décroissant, ne soient pas en harmonie avec le niveau général des prix, si l'entreprise de production doit avoir toute la charge des amortissements dans des délais industriels normaux. Certains aménagements pourraient alors devenir impossibles, sous le seul effort de l'initiative privée.

Mais, toutes choses égales d'ailleurs, le financement de ces entreprises se trouvera cependant grandement facilité par l'abrègement de la période d'improductivité partielle, la mise en commun des besoins de consommation devant avoir pour résultat d'accélérer le rythme du placement des nouvelles tranches d'énergie mises sur le marché. Enfin, le coût d'établissement de lignes à 60.000/90.000 v., rapporté à l'unité d'énergie transportée, sera relativement modéré, car leur capacité de transport devant être ajustée à la capacité de production des usines qu'elles desservent elles pourront avoir dès leur mise en service une bonne utilisation.

§ 2. *Etage régional : entreprises spécialisées de transport et de distribution en gros*

A l'étage régional, se trouvent placées les entreprises spécialisées de transport et de distribution en gros. Ce seront véritablement des transporteurs, analogues aux Compagnies de chemins de fer, et dont la fonction essentielle consistera à « porter l'énergie au marché », constitué par le superréseau national. Il est bien évident cependant

que ces transporteurs commenceront à satisfaire les besoins intrarégionaux et que seuls, parviendront au superréseau les excédents d'énergie destinés aux échanges interrégionaux. Les lignes de transport ne seront donc pas à sens unique, comme les précédentes, qui font partie intégrante des usines de production, auxquelles elles sont directement reliées.

En raison de leur zone d'action plus étendue, ces lignes de transport seront à 120.000/150.000 v.

Il sera déjà plus difficile à cet étage d'ajuster la capacité de transport à la capacité de production des usines raccordées. Mais, s'il est toujours prudent de se réserver la possibilité d'accroître cette capacité de transport, pour satisfaire à de nouvelles demandes provenant d'usines nouvelles, les modifications à apporter à l'équipement des lignes et des postes pour réaliser cet accroissement, ne seront le plus souvent, si les dispositions utiles sont prévues dès l'origine, ni très longues ni très coûteuses. Il s'agira par exemple de porter de 120.000 à 150.000 v. la tension de la ligne, ce qui augmente de 56 % la capacité de transport.

L'importance des capitaux à réunir, la communauté d'intérêts conduiront tout naturellement les producteurs, ou quelquefois même producteurs et distributeurs, à se réunir pour faire bourse commune et à constituer de nouvelles entreprises, dont nous avons donné quelques exemples, mais qui, en réalité, ne sont que des filiales, à paternité multiple.

L'équilibre financier de ces entreprises sera en général assez facile à réaliser, avec des tarifs de péage raisonnables, et sauf dans des cas très particuliers, il ne sera pas nécessaire de faire appel au concours de l'Etat.

Bien entendu, ces sociétés de transport devront, dans leur zone d'action, s'assurer le concours d'une ou plusieurs usines thermiques régionales, pour la fourniture d'énergie d'appoint dans les périodes des basses eaux ou de l'énergie de pointe qu'elles ne pourraient obtenir ni des réserves hydrauliques des producteurs, ni du superréseau.

Les diverses sociétés de transport d'une même région hydraulique, devront préférablement être groupées au sein d'un cartel de vente, chargé de centraliser les tran-

sactions. Ce groupement d'entreprises, sur le même plan, serait identique, quant à son but purement commercial, à l'Union des Producteurs d'Electricité des Pyrénées Occidentales, avec cette différence qu'il s'agirait cette fois d'une union de transporteurs, et non pas, comme dans le cas de *Upepo*, d'une union de producteurs.

On pourrait ainsi imaginer une union des transporteurs d'énergie du Sud-Ouest, une Union des transporteurs d'énergie des Alpes, une Union des transporteurs d'énergie du Massif Central (*Uteso*, *Uteda*, *Utemac*, pour obéir à la mode des abréviations euphoniques) dont les transactions intrarégionales ou interrégionales s'effectueraient par l'organe de trois dispatchers régionaux en relations téléphoniques constantes, soit entre eux, soit avec le dispatcher général du superréseau. Pour le Sud-Ouest toutefois, l'unification ne saurait guère être poursuivie davantage, puisqu'il y existe, non seulement une Union des Producteurs, mais un seul transporteur, la Compagnie des Chemins de fer du Midi.

La régionalisation de ces transports d'énergie est reconnue comme une situation de fait par divers textes réglementaires. C'est ainsi que l'arrêté ministériel du 24 janvier 1930, modifié par l'arrêté du 12 février 1931, a trait à l'organisation par *services régionaux* du contrôle des concessions de transport d'énergie électrique. Le territoire est divisé en 9 circonscriptions et dans chacune de ces circonscriptions, un ingénieur en chef centralisateur désigné d'avance par l'arrêté du 24 janvier 1930, est chargé d'instruire les affaires de transport intéressant le territoire d'une circonscription déterminée. Lorsqu'il s'agit d'une demande de concession intéressant deux ou plusieurs circonscriptions, l'ingénieur en chef centralisateur est désigné par le Ministre dans chaque cas d'espèce.

§ 3. *Etage national : le superréseau, groupement de sociétés de transport.*

Au sommet, le superréseau national apparaît, par la généralité de ses buts, devoir sortir du cadre habituel de l'activité des entreprises privées et dépasser les moyens

financiers dont elles peuvent disposer, même groupées.

« Il ne s'agit plus à proprement parler, d'une œuvre industrielle, mais d'une œuvre d'intérêt général, répondant à une politique d'ensemble de mise en valeur des ressources naturelles du pays et de libération vis-à-vis du charbon étranger »⁹.

C'est pourquoi, jusqu'à maintenant, on assiste à une édification fragmentaire de ce superréseau, par lignes ou tronçons de lignes, confiées à des entreprises distinctes, le plus souvent créées pour les besoins de la cause, par des groupements de distributeurs et de producteurs, thermiques ou hydrauliques.

Par suite de l'importance des capitaux à réunir, de la nécessité primordiale de prévoir dès l'origine une grande marge dans la capacité de transport, les charges financières seront au début extrêmement lourdes, et nous avons montré pages 131 et suivantes, qu'elles s'opposaient au transport à longue distance de l'énergie des chutes d'eau, dont l'équipement est trop coûteux, en raison des péages trop élevés que le coût élevé de premier établissement et la faible durée d'utilisation, obligent à appliquer à l'énergie transportée si l'on veut équilibrer ces charges financières.

Les entreprises privées font donc un acte de foi en l'avenir en investissant leurs ressources dans des ouvrages aussi dispendieux et à rentabilité aussi incertaine. Pourront-elles continuer longtemps cet effort ? Ces entreprises distinctes poursuivant une œuvre commune, ne risquent-elles pas de se gêner mutuellement ? La mise en valeur de notre domaine hydro-électrique ne risque-t-elle pas de s'en trouver elle-même compromise, si le superréseau national, pièce maîtresse de tout l'édifice, se trouve lui-même entravé dans son développement. Pas de moyens de transports suffisants et l'énergie de la houille blanche est condamnée à devenir une richesse stérile, figée au creux des montagnes, en de modestes emplois. Les entreprises privées n'y trouvant plus une suffisante rémunération de leurs capitaux, et d'autant plus difficilement que la loi du rendement décroissant de-

9. Bloch et Maroger, *op. cit.*, p. 11, 3^e Congrès de la Houille Blanche.

viendra plus impérieuse, pourront se voir contraintes à se détourner d'elle.

Ainsi, ce problème des transports nationaux de l'énergie devra-t-il nécessairement, dans un avenir proche, requérir l'intervention de l'Etat. Nous aurons à examiner, dans le chapitre suivant, sous quelle forme on peut envisager cette intervention.

Il nous reste à préciser quelles tâches d'ordre commercial ou technique pourront être dévolues à ce grand organisme qu'est le superréseau national. La complexité de ces tâches est un argument de plus en faveur d'une organisation unifiée de ce superréseau, qui pourrait intervenir sous la forme d'un trust des différentes sociétés de transport intéressées, un simple cartel de vente, comme dans les organisations régionales, ne pouvant convenir à la complexité et à la difficulté des tâches techniques qu'un tel groupement aurait à assumer.

Au point de vue commercial proprement dit, cet organisme unifié aurait à assurer les grandes transactions de l'énergie électrique, suivant un mécanisme analogue à celui des bourses de marchandises.

Les marchés en disponible, pour de l'énergie livrable immédiatement et au jour le jour, concerneraient les excédents journaliers, pour une journée ou tout au plus quelques jours, pouvant intéresser, soit des électrochimistes, soit des distributeurs qui peuvent en profiter pour arrêter ou mettre en veilleuse leurs réserves thermiques. Les prix dépendront ici très étroitement, non seulement des quantités offertes, mais surtout des durées d'utilisation promises ou simplement escomptées.

Si le superréseau offre 5.000 kw pendant 24 heures, ou même 12 heures, parce qu'il a plu quelque part, le prix sera forcément bas et l'offre pourra intéresser un électrochimiste dont les appareils d'utilisation, se trouvant de marcher à charge partielle, pourront absorber immédiatement et sans aucune mise en route onéreuse, l'énergie offerte. Elle pourra également provoquer une entente entre deux producteurs A et B : l'un A, de la région pyrénéenne où il pleut, pourra se charger de la fourniture que devait un de ses collègues B du Massif Central, où il ne pleut pas,

lequel producteur B, possède par contre un réservoir où il s'empressera d'accumuler de l'eau, ce qui revient à dire que de l'eau tombée dans les Pyrénées aura été emmagasinée dans le Massif Central. On pourrait multiplier les exemples.

Mais, on conçoit que de toute façon, pour des durées aussi courtes, les transactions devront se conclure très rapidement, sur une simple conversation téléphonique, sans quoi l'eau aura passé dans la rivière.

Si la puissance est offerte en même quantité, mais pour quelques jours, elle pourra intéresser d'autres électrochimistes, qui ne craindront pas de mettre en route un nouvel appareil d'utilisation, des distributeurs ayant des centrales thermiques, des producteurs disposant de grands réservoirs. Mais l'offre intéressant ainsi une nouvelle couche d'acheteurs éventuels, le prix sera plus élevé bien que la puissance n'ait pas varié.

Pour les transactions à terme, relatives à l'énergie saisonnière, il ne serait pas nécessaire de faire la distinction habituelle entre les marchés à livrer et les marchés à terme réglementés, car elle ne correspondrait à rien. Il ne peut y avoir que des marchés à terme proprement dits, l'énergie électrique pouvant se traiter en un petit nombre de qualités dépendant surtout de l'horaire de la fourniture, faciles à définir sans ambiguïté, et dont nous avons donné quelques exemples en étudiant l'organisation de l'*Upepo*. Il n'y aurait donc finalement qu'un petit nombre de cours à coter.

Ces transactions à terme pourront donner lieu à bien des combinaisons, à des marchés fermes comme à des marchés à prime. Mais la spéculation en sera à peu près exclue, car, les grandes variations de prix, que l'on provoque pour les marchandises ordinaires, par le jeu des stocks, ne seront pas possibles. Les seuls éléments de spéculation, mais au bon sens du mot, seront l'appréciation plus ou moins approximative, de l'enneigement des montagnes, des réserves glaciaires, ou des réserves lacustres, celles-ci beaucoup plus faciles à évaluer.

Si la saison (ou le trimestre) sur laquelle devait avoir lieu la fourniture, est beaucoup plus généreuse qu'on ne l'avait estimé, au point de vue hydraulique, alors les cours

de l'énergie baisseront. L'acheteur à terme qui avait voulu couvrir ses besoins, aura peut-être intérêt à abandonner son achat et à perdre sa prime, si, tous comptes faits, il peut se procurer de l'énergie au comptant à meilleur marché. Le vendeur à terme au contraire fera une bonne affaire, soit que les marchés s'exécutent, soit qu'il encaisse les primes.

Si, au contraire, la saison est sèche, le froid rigoureux, les disponibilités des rivières baisseront rapidement ; les différents cours au comptant monteront. L'acheteur à terme n'aura qu'à exiger l'exécution du marché et sera couvert au prix fixé, ainsi qu'il le désirait. Le vendeur à terme, s'il ne dispose pas des ressources hydrauliques qu'il espérait, n'aura d'autre ressource que de s'adresser à des producteurs d'énergie thermique.

Au point de vue technique, un rapide calcul va nous montrer l'importance et la difficulté des problèmes auxquels l'organisme collectif chargé de la gestion du super-réseau, devra pouvoir trouver une solution.

Si l'on se reporte aux prévisions que faisait la Chambre Syndicale des Forces hydrauliques dans son Rapport de 1934, et si l'on suppose que les accroissements de consommation totale d'électricité et de production d'énergie hydraulique se maintiendront pendant trente années à la même allure linéaire, la consommation d'électricité en 1963 devrait être pour l'ensemble du territoire, pertes comprises, de 37.800 millions de kwh, et la production d'énergie hydraulique de 24.300 millions de kwh. Quant à la différence, si l'on en déduit une tranche de 500 millions de kwh, qui pourrait être laissée à l'importation étrangère, il resterait à demander à l'énergie thermique, 13 milliards de kwh au lieu de 8.310 millions qui lui ont été demandés en 1933.

Le pourcentage d'énergie thermique passerait ainsi, malgré un accroissement notable demandé à la houille noire, de 56 % en 1933 à 34 %, conformément à la politique à poursuivre, qui doit consister à ménager nos réserves charbonnières et à tirer davantage parti de nos richesses hydrauliques. Une telle quantité d'énergie thermique pourrait être produite avec les équipements actuels, dont la puissance de production, compte tenu des aména-

gements en cours, va atteindre bientôt 6.500.000 kw, ce qui conduirait à une utilisation de 2.000 heures, bien supérieure aux utilisations actuelles.

Par contre, les aménagements hydrauliques devraient être poursuivis à une cadence relativement très modérée.

Le coefficient d'utilisation avec des réserves hydrauliques et un système d'interconnexion bien aménagés, se maintiendrait au voisinage de 80 %, que la Chambre Syndicale suppose devoir être atteint dès 1936. Dans ces conditions, la puissance normale disponible aménagée devrait être de 3.450.000 kw au lieu de 1.450.000 kw prévus pour 1938, par le simple achèvement des aménagements en cours.

La puissance à aménager en 25 ans serait donc de l'ordre de 2.000.000 de kw, soit 80.000 kw par an, supérieure à la cadence moyenne réalisée de 1922 à 1931 (voir tableau III page 73) mais un peu inférieure à la cadence moyenne réalisée de 1931 à 1935, 86.000 kw, et nous n'aurions encore aménagé que les 6/10 environ de nos richesses hydrauliques actuellement reconnues possibles.

Parallèlement, les exportations d'énergie des grandes régions hydrauliques (y compris le Rhin et le Rhône) sur la région parisienne, objet principal du superréseau, passeraient de 230 millions, qu'elles ont atteint en 1933, à 4 milliards de kwh environ en 1963.

Combien faudrait-il de lignes à 220.000 v, pour assurer le transit d'une pareille quantité d'énergie ? La réponse à faire à pareille question dépend surtout de l'utilisation des lignes qui pourrait être atteinte, laquelle dépendrait à son tour de l'horaire des besoins de consommation à assurer. Il est bien difficile de le prévoir trente ans à l'avance. On doit donc se borner à de très larges approximations. Les utilisations actuelles varient de 2.000 à 5.000 heures. En admettant que le chiffre de consommation auquel nous parvenons ait pu être obtenu en même temps qu'une excellente utilisation des lignes de l'ordre de 5.000 heures, c'est donc 8 lignes à 220.000 au moins qui devraient converger sur Paris. Or, il n'en est actuellement prévu que 4, une venant du Rhin, une deuxième de la région du Sud-Est, et deux du Massif Central.

Le calcul que nous avons effectué n'a évidemment pas

la prétention d'être un calcul de prévisions présentant une grande certitude, car rien n'autorise à étendre sur 30 années des prévisions faites sur trois années, qui n'ont même pas été vérifiées. L'hypothèse faite ne conduit cependant pas à des résultats absurdes, tant s'en faut. En admettant que l'accroissement de la population française se poursuive jusqu'en 1963, au même rythme de 200.000 habitants par an réalisé de 1926 à 1933, le chiffre de population atteint à cette époque serait de 48 millions d'habitants. La consommation d'électricité par an et par habitant serait, dans cette hypothèse, de près de 800 kwh, chiffre actuellement dépassé par les pays scandinaves, la Suisse, le Canada et les Etats-Unis.

Ce calcul n'avait pas d'autre but que de montrer deux choses :

1^o Que le superréseau national qui s'ébauche n'en est encore qu'à sa naissance (ce que personne ne conteste) si l'on compare les quantités d'énergie très faibles actuellement transportées à celles qui pourront l'être dans l'avenir ;

2^o Que les problèmes techniques qui surgiront alors peuvent présenter de sérieuses difficultés, dont il est bien difficile de demander aux entreprises privées de supporter tout le poids, s'agissant d'une œuvre d'intérêt général.

Que sera la technique du transport à grande distance dans trente ans ?

Aura-t-elle évolué dans sa ligne actuelle, les électriciens étant parvenus à vaincre les difficultés qui s'opposent actuellement à d'importantes élévations de la tension de transport, auquel cas la construction de nouvelles lignes plus puissantes serait une solution.

Aura-t-elle pris au contraire une orientation toute différente, ainsi que certaines expériences, déjà assez poussées, permettent de le supposer ¹⁰ ?

Quel serait alors le sort des entreprises privées, dont le

10. Il s'agit en l'espèce d'expériences extrêmement intéressantes, qui se poursuivent actuellement pour appliquer aux transports d'énergie à longue distance, la technique des redresseurs à vapeur de mercure, mais pour des tensions de l'ordre de 600.000 volts.

matériel, subitement vieilli, démodé, n'aurait pu être amorti ?

Telles sont les questions qu'il convenait au moins de poser, avant d'aborder le problème de l'intervention de l'Etat. On comprendra mieux ainsi la nécessité de son intervention.

CHAPITRE II

L'INTERVENTION DE L'ETAT

Il est apparu, à la suite de nos études antérieures, que la mise en valeur de nos chutes d'eau, partie intégrante du domaine national par le fait de la loi, était appelée à devenir pour la collectivité, une source de richesses inépuisables, sous la forme de revenus domaniaux, dès lors que ces chutes d'eau, aménagées par les entreprises privées concessionnaires, auraient fait retour à l'Etat, à l'expiration des concessions.

Qu'est-ce à dire, sinon que l'Etat, gardien de la chose publique, doit nécessairement s'intéresser à une telle entreprise, pour en faciliter le développement. La solution de la loi qui a consisté à confier cette entreprise à l'initiative privée, chargée de rassembler les capitaux nécessaires, puis de les reconstituer en en tirant profit si possible, ne dispense pas l'Etat de certains devoirs.

Le décision du législateur de 1919 n'est au fond que la reconnaissance implicite du principe de la séparation du politique et de l'économique, qui est à la base de l'Etat puissance publique. Toute activité économique, dès lors surtout qu'elle comporte une grande part de risque, ne saurait trouver de guide plus sûr que celui de l'intérêt personnel, et, par suite, doit demeurer dans la sphère de la vie privée.

Mais l'Etat, en vertu de son éminente propriété, doit, en l'occurrence, stimuler l'initiative privée, si elle ne s'offre pas, la modérer, l'empêcher, si elle s'exerce dans un sens qui paraît contraire à l'intérêt général. Pouvoir de mise en

action, pouvoir d'inhibition, tels sont les deux pôles qui doivent servir de bornes, dans ce domaine comme dans bien d'autres du reste, à l'intervention de l'Etat.

Que l'Etat accepte les risques de l'entreprise, ne supprimerait pas ces risques, et, dans notre espèce, les difficultés d'équilibre de l'opération financière en quoi s'analyse l'aménagement d'une chute d'eau, seront tout aussi réelles si l'Etat est le maître de l'œuvre. Les englober dans l'équilibre budgétaire ne saurait être une solution.

C'est le reproche de principe qu'on peut faire à toutes les entreprises d'économie mixte, en ce moment contraintes à l'inactivité, dans la proportion où l'Etat ou les grandes collectivités de droit public y participent, avec cette circonstance aggravante que leur intervention sur le marché de l'énergie électrique, si elle devait se produire à contretemps, risquerait de compromettre l'équilibre financier des entreprises privées, déjà si péniblement assuré.

L'intervention de l'Etat, telle que nous venons de la limiter à la lumière des principes généraux, doit néanmoins s'exercer, sous peine de faillir à sa mission supérieure de gardien suprême de la chose publique.

Laisser l'intérêt privé, gérant d'affaires intéressé mais provisoire, dépourvu de tout soutien, comme le voudrait la thèse abstentionniste, risquerait en effet, sous le poids des responsabilités trop lourdes qu'il ne pourrait ou ne saurait assumer, de compromettre le développement de l'œuvre commune à lui confiée. Si l'initiative privée, ainsi abandonnée à elle-même, devait se révéler impuissante, « l'ère des grandes expériences et des solutions révolutionnaires serait ouverte »¹. Il est préférable que nous ne soyons point acculés à cette extrémité.

L'intervention de l'Etat, dont l'opportunité et la nécessité ne sauraient faire de doute, peut s'exercer dans deux directions différentes, auxquelles nous allons consacrer les deux sections de ce chapitre.

1. G. Tochon, *Les chutes d'eau*, p. 117.

Section I

L'intervention de l'Etat au point de vue administratif et fiscal

Les différents modes d'intervention de l'Etat, que l'on peut grouper sous cette rubrique, apparaissent comme une application de son droit de police générale entendu au sens large. Cette conception a été celle de plusieurs auteurs et on a voulu en faire le fondement de la loi fondamentale du 16 octobre 1919 (voir *supra* p. 167). Aussi cette dernière nous en offre-t-elle de nombreux exemples d'application.

§ 1. Pouvoir de mise en action

Une des innovations essentielles de la loi, consacrée dans son article 1^{er}, a été de faire de l'énergie hydraulique, un bien nouveau, détaché du droit de riveraineté et se transformant pour le riverain en un simple droit à indemnité (article 6).

Ainsi, en supprimant le privilège des barreaux de chute, la loi de 1919 a eu un effet accélérateur salubre. C'est le pouvoir de mise en action et nous avons déjà souligné cet effet accélérateur de la loi (*supra*, p. 180).

Dans le même sens, il appartient à l'Etat, en rendant son soutien plus efficace, de solliciter l'initiative privée, de la susciter, lorsqu'elle se révèle craintive, en face de travaux trop importants, présentant de trop grands risques financiers ou techniques, mais dont néanmoins la réalisation pourrait être jugée désirable dans un but d'intérêt public. C'est le cas par exemple des très grands ouvrages de retenue, tels que celui de Génissiat ou celui de Serre-Ponçon qui barrant de grandes vallées, sont de véritables ouvrages publics. C'est d'ailleurs beaucoup plus du reste pour des raisons de doctrine que par véritable nécessité économique, la justification des entreprises d'économie mixte, dans ce cas limite. Le pouvoir de mise en action de l'Etat peut encore s'exercer utilement, en abrégant les formalités

administratives préalables à l'approbation des conventions ², en rendant plus discrète l'ingérance de ses représentants dans l'administration des sociétés, moins dures les conditions mises à l'octroi des subventions. Une réglementation trop rigide établie dans le louable souci d'éviter les abus, peut en effet aboutir à restreindre la portée de la loi ³.

En raison de la mission d'intérêt public dont elles sont investies, il importe également de veiller à ce qu'une fiscalité excessive ne vienne pas dès leur naissance accroître les difficultés financières que les entreprises privées auront à surmonter. Le législateur de 1919, pénétré de cette idée que la mise en valeur de nos chutes d'eau devait être une source de profits immédiats pour les entreprises concessionnaires a dressé dans la loi un savant appareil fiscal. Cela sera peut-être vrai plus tard, mais l'âge d'or sera vraisemblablement bref avant que n'arrive le terme de la concession. En attendant, il est de l'intérêt même de l'Etat de ne pas gêner, par une fiscalité trop exigeante et trop pressée, le libre développement de cette source de richesses. Des avantages fiscaux doivent au contraire le faciliter ⁴.

Pourraient être envisagés :

1° L'enregistrement au droit fixe des actes de concession, comme il est d'ailleurs pratiqué pour les concessions de chemins de fer d'intérêt local ou d'intérêt général.

2° L'enregistrement gratis des contrats passés en exécution de la loi du 16 octobre 1919, tout comme cela a lieu pour les actes d'expropriation pour utilité publique, en vertu de la loi de 1841 (Rapport de la Commission des Mines de la Chambre des Députés, voir *infra*, p. 322).

3° L'exonération temporaire des impôts fonciers, question à laquelle nous avons consacré quelque développement (*supra*, p. 174).

4° La remise du paiement des droits de constitution de

2. Un premier progrès a été accompli dès 1927, date de la simplification de la procédure d'instruction des demandes de concessions, qui ne soumet plus obligatoirement au Comité consultatif les propositions de mises à l'enquête.

3. Cf. M. Arbelot, 3^e Congrès de la Houille Blanche Section Economique, 4^e rapport, p. 32.

4. Le système fiscal des chutes d'eau a fait l'objet d'un rapport spécial de M. Thierry, au 3^e Congrès de la Houille Blanche. Section administrative, 2^e rapport. Voir également le rapport de MM. Bloch et Maroger, p. 14.

la société, lors de sa création ou des augmentations de capital nécessaires. Le *quitus* ainsi donné par l'Etat constituerait un apport pur et simple, donnant lieu à la remise d'un certain nombre d'actions. L'Etat serait donc nanti à l'expiration de la concession, ou à la liquidation de la Société, si elle devait survenir auparavant, d'un titre lui permettant de figurer au partage de l'actif social. Mais, il est à craindre que cette perspective lointaine n'ait à l'origine qu'un attrait bien minime pour l'Etat, assuré de devenir propriétaire de toutes les installations immobilières, c'est-à-dire de la plus grosse partie de l'actif social, sans avoir à bourse délier.

Un autre système, proposé par MM. Bloch et Maroger, consisterait à remettre à l'Etat contre remise de ces droits de constitution des obligations dont le service commencerait à partir de la mise en exploitation de l'usine.

L'entreprise pourrait ainsi investir en totalité le capital qu'elle aurait recueilli.

Ce n'est donc au fond qu'une forme d'aide financière déguisée. De même nature est la proposition de ces mêmes auteurs, consistant à réduire, pour les impôts des entreprises de production d'énergie, l'impôt sur le revenu des valeurs mobilières : de $3/4$ pendant les cinq premières années ; de $1/2$ pendant les cinq suivantes ; de $1/4$ pendant cinq autres années.

On peut reprocher à cette proposition, comme à tous les dégrèvements fiscaux, de nuire à la clarté de notre système fiscal. Toutes ces propositions, visant d'une manière indirecte à assurer le concours financier de l'Etat, sont au fond de peu d'intérêt. Point n'est besoin pour cela d'employer des voies détournées. Nous y reviendrons dans un instant.

§ 2. Pouvoir d'inhibition

Le pouvoir d'inhibition de l'Etat peut s'exercer non moins utilement. Ce rôle modérateur de la loi de 1919 a été précédemment étudié dans le chapitre I du titre II.

Notamment, par la connaissance qu'il a de l'ensemble des projets, il appartient à l'Etat de régler l'octroi des concessions de façon à échelonner dans le temps la réalisa-

tion des projets qui lui sont soumis, dès qu'il apparaît, par la masse d'énergie mise en jeu, qu'ils peuvent jeter le trouble sur le marché ⁵.

Ce serait obéir au même souci que de soumettre également la construction des usines thermiques nouvelles à une autorisation préalable. L'Etat serait ici parfaitement dans son rôle, en évitant le gaspillage des capitaux que constitue le développement parallèle des installations thermiques et hydrauliques, et qui a abouti à l'état de surproduction actuel. Le désir légitime qu'il faut avoir de conserver entre ces deux formes de production de l'énergie un judicieux équilibre, serait non moins satisfait, ainsi que l'a fait remarquer M. Maroger ⁵, si l'énergie hydraulique s'adjudgeait 55 % de nos moyens de production au lieu de 45 %.

La loi de 1919 avait prévu dans cet ordre d'idées l'établissement par l'administration de plans généraux d'aménagement des cours d'eau, classant les différents étages de chutes, prévoyant l'emplacement des barrages compensateurs, ayant, en un mot, pour but de tirer le meilleur parti possible de l'ensemble de chaque cours d'eau. Ainsi devait-on éviter ce qu'un régime de trop grande liberté ne manquerait pas de provoquer : un gaspillage de nos forces naturelles, si toute latitude était laissée aux premiers occupants de choisir sur le cours d'eau, les sections économiquement les plus favorables à leur dessein, au risque de rendre inutilisables les sections voisines. On estimait alors que les demandes de concessions seraient accordées ou rejetées suivant qu'elles seraient conformes ou non aux plans généraux d'aménagement. Ces plans généraux avaient été établis à la suite d'études beaucoup trop sommaires et dans la pratique, on s'est aperçu que les études plus approfondies effectuées par les demandeurs en concessions, obligeaient le plus souvent à remanier le plan de l'Administration lui-même, qui pourtant devait servir de plan de référence. Aussi, chaque demande de concession ou d'autorisation est-elle aujourd'hui étudiée en elle-même, du dedans au dehors et les services de l'Etat ont pour mission de

5. J.O. 23 août 1933. Annexe 38, p. 911. Rapport de M. Maroger au Conseil National Economique, 7^e série.

vérifier que le projet qui leur est soumis ne s'oppose en rien à un aménagement rationnel de l'ensemble du cours d'eau. Le but est toujours le même⁶.

La fonction d'empêcher est en somme bien organisée dans la loi et paraît jusqu'à maintenant avoir été correctement exercée.

Section II

L'intervention de l'Etat au point de vue financier

Nous avons consacré la section deuxième du chapitre II, titre II, à l'étude des diverses modalités du concours financier de l'Etat à l'aménagement de notre domaine hydro-électrique, sous le régime de la loi du 16 octobre 1919, de la loi des finances du 31 mars 1931 et de la loi du 19 juillet 1922.

Pour un montant total de capitaux investis par l'industrie privée qui doit être voisin de 6 milliards de francs, le total des avances ou subventions au titre de la loi de 1919, s'élevait, au 1^{er} août 1934, à 75.831.500 fr., et la valeur actuelle des bonifications d'intérêt accordées au titre de la loi de finances du 31 mars 1919, à 153.000.000 fr., soit un total de 230 millions de francs environ.

Quant à la loi du 19 juillet 1922, qui visait les grands réseaux de transport d'énergie, elle n'a jamais reçu d'application.

Rappelons enfin qu'à titre exceptionnel, et toujours en vertu d'une loi spéciale, le concours de l'Etat peut également prendre la forme de la participation directe ou de la garantie d'intérêt; nous en avons donné précédemment plusieurs exemples.

§ 1. *Le système de la loi est à reviser*

En pratique donc, tous les systèmes ont été successivement essayés. Aucun ne s'est révélé satisfaisant, si bien que

6. Voir Ailleret, *Législation des distributions d'énergie électrique et des forces hydrauliques*, p. 54.

quinze années après la mise en vigueur de la loi fondamentale, aucune politique vraiment cohérente et ayant fait ses preuves, ne peut fixer les formes d'un concours financier, dont le législateur de 1919 avait tout au moins admis le principe. Pourquoi, si le système des subventions et avances de la loi de 1919 s'était révélé satisfaisant, y aurait-on ajouté en 1931, à titre d'essai, le système des bonifications d'intérêt ?

Actuellement, aucun système ne fonctionne. Aucune subvention, ni avance, ni bonification d'intérêt ne sont accordées. L'état de surproduction latente, toujours menaçant, a amené les producteurs à ralentir ou à différer totalement leurs travaux d'aménagements. Cette politique d'expectative peut s'accommoder sans grand inconvénient de cette absence d'aide financière et, chose assez curieuse, les industriels eux-mêmes ne semblent pas la désirer. La crainte, injustifiée peut-être, mais réelle, de voir l'ingérence de l'Etat dans l'administration des Sociétés devenir une gêne, est pour beaucoup, croyons-nous, à l'origine de cette prévention. D'aucuns même redoutent de voir cette aide financière devenir plus complète, de crainte qu'elle ne justifie la mainmise définitive de l'Etat sur la gestion et l'exploitation.

Tous les systèmes d'aide financière que nous venons d'étudier, prévoient les uns et les autres, la représentation de l'Etat et le décret du 18 octobre 1923 règle les conditions de cette représentation, soit lorsque l'Etat est actionnaire, par le moyen de représentants au Conseil d'administration ou dans les Assemblées générales, soit lorsqu'il est obligataire ou simple créancier, par le moyen d'un commissaire du Gouvernement.

Ce décret, auquel on a voulu attribuer parfois une portée libérale, organise, il faut le reconnaître, la représentation de l'Etat dans des conditions susceptibles de froisser le désir légitime d'indépendance des sociétés privées.

Sans doute, l'art. 6 de ce décret précise-t-il que « la proportion des représentants de l'Etat dans le Conseil d'administration ne peut dépasser celle du montant nominal des actions attribuées à l'Etat par rapport au capital social », ce qui est de droit commun, mais il ajoute aussitôt que

l'Etat aura cependant, dans tous les cas, droit à au moins un représentant, ce qui veut dire que, quelle que soit la modicité de sa participation, il aura droit d'intervention dans la gestion des affaires sociales. C'est une disposition déjà beaucoup moins libérale.

Lorsqu'il s'agit de simples avances, en exécution de l'art. 10, paragraphe 1 de la loi du 16 octobre 1919, donnant lieu à la remise d'obligations à l'Etat, ou lorsqu'il s'agit de bonifications d'intérêt au titre de la loi du 31 mars 1931, la représentation de l'Etat, en vertu de l'art. 14 du décret du 18 octobre 1923, est assurée par un commissaire du Gouvernement, qui est « tenu d'assister aux séances de l'Assemblée générale et du Conseil d'Administration, et a le droit, toutes les fois qu'il estime qu'une mesure peut intéresser l'Etat en tant que créancier, de faire consigner ses observations au procès-verbal ».

Bien plus, le commissaire du Gouvernement peut, dans certains cas, demander une deuxième délibération, et cette demande une fois formulée, a pour effet, même si le Conseil d'administration maintient sa décision, de suspendre l'exécution de la dite décision, jusqu'à ce que le Ministre des Travaux Publics, à qui est immédiatement communiqué le dossier complet, se soit prononcé ».

L'Etat se montre, on le voit, créancier bien exigeant. Le système est à reviser, puisqu'il ne donne pas satisfaction ou tout au moins ne donne qu'incomplète satisfaction.

Dans quel sens doit être orientée cette révision ? Une telle recherche n'est pas sans intérêt.

La Chambre Syndicale des Forces hydrauliques estime que le suréquipement actuel pourra être résorbé vers 1938.

C'est donc vers 1935, qu'à moins d'aggravation de la situation du marché retardant d'autant la résorption de ce suréquipement, il y aura lieu de se préoccuper des nouveaux aménagements qui devront entrer en service en 1939.

D'autre part, les Pouvoirs Publics font les plus grands efforts pour mettre sur pied une politique de grands travaux qui, sans compromettre l'œuvre entreprise de redressement financier, soit néanmoins susceptible de contribuer à notre

redressement économique, et notamment de constituer une arme efficace pour lutter contre le chômage.

D'après les déclarations mêmes du Ministre du Travail, dans une interview accordée à un correspondant du *Journal*⁷ les grands travaux qui ont fait l'objet de la loi du 7 juillet 1934, ont été choisis en « considération de la carte du chômage ». Ce n'est certes pas un critérium d'une évidente utilité économique. Doit-on en effet en conclure *a contrario*, que, dans les régions du territoire où il n'y a pas de chômage, aucun travail ne puisse être utilement entrepris ? La main d'œuvre désoccupée n'est-elle pas susceptible d'une certaine mobilité, et nous pensons en écrivant cela aux travaux de longue haleine que nécessiteraient les aménagements de chutes d'eau ou des grands barrages hydrauliques. Les indemnités de chômage de la main d'œuvre, qui pourrait y être utilement employée, ne constitueraient-elles par une forme de subvention bien accueillie par les entreprises privées qui auraient à en bénéficier sans imposer de nouvelles charges aux budgets.

En dehors de cette utilisation des indemnités de chômage, qui peut n'être que passagère, il reste à mettre sur pied une politique de crédit à long terme et à faible taux d'intérêt, qui permette d'étaler au-delà de la période usuelle des amortissements industriels (ordinairement trente ans) l'effort financier très lourd dans la période initiale, que doivent assumer les concessionnaires de chutes d'eau ou de grands réseaux de transport.

§ 2. *Les propositions antérieures*

Bien des projets ont été déjà élaborés et bien des systèmes proposés pour créer des ressources à cette caisse de prêts : taxes sur les charbons, sur l'énergie électrique vendue ou simples prélèvements budgétaires. Aucun n'est exempt de critique.

Le projet de loi de Monzie du 27 mai 1926 et le contre-projet de la Commission des Mines, de la Chambre des Députés, dont M. Antoine Borrel était le rapporteur, ont

7. *Journal* du 9 août 1934.

posé quelques principes qu'il convient d'exposer avant d'aborder une telle étude ⁸.

A. Le projet de loi de Monzie. — Le projet de loi ayant pour objet de favoriser le développement de l'aménagement des forces hydrauliques, présenté à la Chambre des députés par M. de Monzie, Ministre des Travaux Publics, et M. Raoul Péret, Ministre des Finances, au cours de la séance du 27 mai 1926, soulignait, dans son exposé des motifs, que « le recours de l'énergie hydraulique n'a pas pour seul avantage d'éviter les importations de charbon, mais encore de contribuer à l'enrichissement progressif du pays ». Il proposait la constitution d'un fonds spécial (art. 1), destiné à financer les entreprises de forces hydrauliques, alimenté par une redevance restant toujours faible (art. 2), pour ne pas entraver le développement normal de la consommation d'énergie électrique, dont serait frappé tout kilowatt-heure livré aux consommateurs. Cette redevance, dont le taux ne devait pas dépasser 5% du prix de vente des kilowatts-heure consommés par l'éclairage (art. 3) devait être perçue pendant vingt ans. Devraient s'y ajouter bien entendu, l'intérêt des prêts antérieurement consentis, et les sommes provenant du remboursement de ces prêts.

L'art. 4 précisait qu'un quart au maximum de l'actif disponible pourrait faire l'objet de subventions à fonds perdus, le reste, c'est-à-dire au minimum les trois quarts de l'actif, faisant l'objet de prêts portant intérêt à 4 % et remboursables dans trente ans au plus. Mais ce projet ne prévoyait pas explicitement que les avances et subventions accordées par l'Etat auraient pour contre-partie la remise d'obligations ou d'actions à l'Etat, avec faculté de représentation. Sa tendance était donc plutôt libérale.

B. Le contre-projet de la Commission des Mines. — Le 29 novembre 1926, la Commission des Mines et de la Force motrice de la Chambre des Députés, dont M. Antoine Borrel

8. Documents parlementaires. Chambre des Députés, annexe n° 2911, (Projet de loi de Monzie, 27 mai 1926). Annexe n° 3616 (Rapport de la Commission des Mines, 29 novembre 1926).

était le rapporteur, présentait un contre-projet reposant sur des bases toutes différentes.

La première partie du rapport de la Commission était consacrée à l'étude des raisons justifiant l'intervention de l'Etat.

« Nous pouvons affirmer, était-il déclaré dans ce rapport, que toute production d'énergie électrique, à l'aide de moteurs thermiques, suppose, soit la consommation définitive, et, par suite, l'épuisement progressif d'une richesse nationale, si le charbon ou le pétrole est extrait de notre sol, soit une demande de devises étrangères au détriment de notre change, si le combustible provient de pays étrangers. Tandis que la houille blanche, richesse foncièrement nationale elle aussi, dès qu'elle est captée, fournit perpétuellement une énergie sans cesse renouvelée ».

« Il ne manque certes pas d'entreprises dont le développement peut nous affranchir d'un tribut actuellement payé à l'étranger et qui mériteraient à ce titre que l'Etat s'intéressât également à elles. Mais il en est peu qui constituent en outre, comme les chutes d'eau, un capital inépuisable, dont la collectivité doit avoir la libre disposition, et le profit au bout d'un temps fixé par la loi ».

Dans sa deuxième partie, le rapport de la Commission des Mines analysait les causes de la crise de l'aménagement des chutes d'eau, à laquelle le projet du Gouvernement se proposait précisément de porter remède. Il serait de peu d'intérêt de les rappeler, puisqu'il existe, pour l'instant tout au moins, des aménagements surabondants.

La troisième partie, après avoir exposé les critiques de la Commission au projet du Gouvernement, faisait à son tour des propositions positives susceptibles de remédier à une situation dont la Commission ne méconnaissait nullement la gravité.

A la suite des protestations que n'avait pas manqué de soulever le projet du Gouvernement de la part des consommateurs, la Commission estimait que, puisqu'il s'agissait d'un effort intéressant la collectivité toute entière, il serait injuste d'en faire supporter le poids aux seuls consomma-

teurs qui usent de l'éclairage électrique⁹. Elle faisait observer très justement qu'il était inopportun de taxer le courant alors qu'on cherchait à en répandre l'usage dans les campagnes, et que toutes les raisons qui militent contre une hausse généralisée des tarifs de vente de l'énergie, valent également contre la taxe proposée par le Gouvernement. Enfin, au point de vue financier, il apparaissait à la commission que les modalités prévues pour les avances étaient trop rigides. Fixer dans la loi, pour une durée de vingt ans, que l'intérêt serait de 4 %, c'était risquer de faire payer le concours de l'Etat ou trop cher, ou trop bon marché dans les années à venir.

Dans la partie positive de son exposé, la Commission rappelait que la mise en valeur de nos richesses hydrauliques ne pourrait être reprise qu'à condition « d'aider à la réalisation de leur équilibre financier, les sociétés qui consentiront à y investir leurs capitaux ».

Parmi les moyens susceptibles d'être proposés pour aider à la réalisation de cet équilibre financier, la Commission écarte tout d'abord tout projet qui visant à obtenir une augmentation des recettes par unité d'énergie vendue, se traduirait par une augmentation des tarifs de vente de l'énergie électrique au public.

Le rapport examine ensuite les diverses propositions faites par les industriels, notamment au 3^e Congrès de la Houille Blanche, et que nous avons rappelées précédemment p. 322, en vue d'obtenir l'allègement des charges fiscales qui pèsent lourdement sur le coût de production de l'énergie hydraulique. S'il écarte le régime de faveur qui serait résulté de l'adoption de toutes ces propositions et que n'auraient pas manqué d'invoquer d'autres branches d'industrie également intéressantes, le Rapport de la Commission n'en reconnaît pas moins « l'excès injustifié et injustifiable des taxes diverses et multiples qui frappent l'usine hydro-électrique », et ne retient parmi ces propositions

9. Il y a lieu de remarquer que le texte du Gouvernement n'autorisait nullement cette interprétation restrictive, puisque la taxe était assise « sur l'énergie livrée aux consommateurs en général (art. 2). C'est seulement pour la détermination de cette taxe qu'il était fait usage du prix de vente de l'énergie d'éclairage (art. 3).

d'exonérations fiscales, que l'enregistrement au droit fixe des actes de concession de chutes d'eau et des lignes de transport d'énergie, ainsi que l'enregistrement gratis des contrats passés en exécution de l'article 4 de la loi du 16 octobre 1919 (art. 4 et 5 du contre-projet).

Finalement, la Commission des Mines n'entrevoit pas d'autre moyen efficace de développer l'aménagement de nos forces hydrauliques, que de continuer à alléger les charges financières des entreprises, en faisant appel directement aux ressources du budget, puisqu'en fin de compte, toutes les propositions d'exonérations fiscales, aboutissent d'une manière indirecte au même résultat.

Le principe du contre-projet de la Commission consistait à accorder à tout concessionnaire de chutes ou de lignes à haute tension qui consentira à commencer effectivement ses travaux avant le 1^{er} janvier 1930, pendant quinze années, une subvention sensiblement égale à 2 % du montant de la dépense engagée.

Ce n'est donc pas autre chose que le mécanisme des subventions de l'art. 7 de la loi du 16 octobre 1919, dont l'application était élargie à toutes les concessions hydrauliques, dès lors que les conditions restrictives de l'art. 7 n'étaient plus exigées, et de plus étendues aux lignes de transport d'énergie à haute tension. Il s'en suivait la représentation de l'Etat à titre d'actionnaire aux Assemblées générales et au Conseil d'administration, ce qui est un principe général de la loi de 1919.

La seule condition mise à l'octroi de ces subventions (art. 1 du contre-projet) était que les concessionnaires dusent commencer les travaux avant le 1^{er} janvier 1930. Il s'agissait donc d'une prime de rapidité, du prix de la course, pourrait-on dire, puisque la Commission ayant eu la sagesse de limiter à 100 millions le montant maximum annuel de crédits d'engagement à inscrire au budget, il est bien clair que tous les concessionnaires remplissant les conditions fixées, ne seraient pas nécessairement subventionnés.

Tout au plus, ce crédit d'engagement de 100 millions pouvait-il être renouvelé sur les exercices 1928-1929, donnant lieu par la suite, et pendant quinze années à

dater de la mise en service des ouvrages concédés, à des crédits de paiement au plus égaux à 300 millions. Or, 300 millions correspondent à 2 % de 15 milliards de travaux sur lesquels l'Etat aurait eu à verser, répartis en quinze annuités, un total de subventions de 4 milliards et demi équivalant sensiblement au tiers du montant total des travaux effectués.

L'argent à 30 ans ne devait pas coûter à cette époque moins de 9, 5 %. Les charges financières des entreprises se trouvaient donc réduites de 9,5 à 7,5 % pendant les quinze premières années, ce qui constituait un allègement très appréciable ¹⁰.

Pour éviter toute difficulté d'application, et notamment toute discussion avec le concessionnaire sur le montant des capitaux réellement investis, la Commission des Mines avait sagement décidé de fixer, dans tous les cas, la subvention à un chiffre forfaitaire : 45 francs par kilowatt de puissance installée, 2 centimes par mètre cube d'eau utile emmagasiné pour les réservoirs et 5 centimes par kilomètre de ligne de transport et par kilowatt de capacité de transport.

Ces chiffres, d'après le rapport analysé, correspondraient à une annuité de 2 % du coût moyen d'établissement, à cette époque, des usines hydrauliques, des réservoirs et

10. L'importance des travaux pouvant être mis en train pendant les trois années où la loi devait rester en vigueur, était considérable (environ 5 milliards par an) et il n'apparaît pas clairement dans le rapport de la commission que les commissaires l'aient bien exactement appréciée.

Il y est pourtant écrit textuellement : « Pour le présent exercice, le crédit d'engagement s'élève à 100 millions de francs. Si vous accordez la même somme en 1928 et 1929, c'est donc une dépense annuelle de 300 millions de francs au maximum qu'il faudra prévoir pour une durée de quinze années à compter de la mise en service de l'usine ou de la ligne de transport. Or, 300 millions correspondent à 2 p. 100 de 1 milliard et demi de travaux », ce qui est une erreur de calcul, même dans un document parlementaire. Documents parlementaires. Chambre des Députés, Annexe n° 3616. p. 149, colonne 1, lignes 54 à 63.

10bis. La loi de finances du 31 mars 1931 (art. 120 et 121) devait adopter un mécanisme analogue, mais il ne s'agissait plus alors de subvention mais d'avances remboursables.

Le montant des annuités, fixé à 2 %, à titre de bonification d'intérêt, pendant 30 ans, était inscrit au budget général, au lieu de faire appel à une taxe sur la consommation d'électricité comme dans le projet de Monzie.

Enfin, répondant à une objection faite par la Commission des Mines en 1926, le système de la loi de 1931 était plus souple, puisqu'il se contentait d'abaisser de 2 % le taux courant, et non pas de prêter à taux fixe, r %, comme dans le projet de Monzie.

des lignes de transport à haute tension (ce qui était à peu près exact, sauf pour les chutes, dont le coût moyen d'établissement était certainement supérieur déjà à cette époque, à 2.250 francs par kilowatt, et les lignes à très haute tension (220.000 v.) qui se trouvent plus généreusement subventionnées que les lignes à 120.000 volts ou 150.000 v., puisque le coût d'établissement au kilowatt-kilomètre, n'en est que des 6/10 environ ¹¹.

On sait que ni le projet de Gouvernement, ni celui de la Commission des Mines ne devaient avoir de suite.

D'autres propositions un peu différentes avaient été faites, dès 1920, pour donner plus de souplesse au mécanisme de l'art. 7 de la loi de 1919, et lui constituer des ressources faisant appel à des fonds spéciaux gérés en dehors du budget. On avait songé notamment à frapper d'une surtaxe faible (1 à 2 fr. par tonne) le charbon employé à la production d'énergie thermique. Le produit de cette surtaxe aurait été affecté à la création d'un fonds spécial, géré par un « Office National Electrique », au moyen duquel il était possible de doter plus largement les constructions d'usines hydro-électriques ou de réservoirs ¹².

§. 3. Proposition nouvelle

Organisation d'une caisse de Crédit hydraulique.

Une telle organisation a été depuis longtemps déjà l'objet des préoccupations de personnalités éminentes du monde industriel. Toute la difficulté est de lui donner assez de souplesse pour qu'elle puisse offrir aux concessionnaires d'entreprises hydro-électriques des conditions qu'ils ne pourraient trouver auprès des banques ordinaires, et de la doter de ressources qui ne soient pas pour les finances publiques une charge trop lourde, ou ne soient pas issues de taxes de consommation insupportables, pouvant avoir sur le déve-

11. L'Italie a usé après la guerre d'un système analogue, en attribuant une subvention de 40 liras par cheval nominal, pendant quinze ans, pour toutes les installations dont la construction serait entreprises entre 1919 et 1925, et de 20 à 40 liras pour celles commencées de 1914 à 1919. Mais les ressources correspondantes étaient constituées, non par des prélèvements budgétaires, mais par une taxe de consommation sur l'énergie électrique, comme dans le projet de Monzie (loi italienne du 2 octobre 1919).

12. M. Arbelot, 3^e Congrès de la Houille Blanche, *op. cit.*, p. 33.

loppement de la consommation de l'énergie électrique une incidence regrettable. Rien ne servirait en effet de développer les moyens de production si ce devait être au détriment de la consommation.

M. Marlio déclarait dès 1921 ¹³ que l'Etat n'a pas le droit de se désintéresser d'une question qui est nationale, et où son intérêt propre, son intérêt strictement financier, est certainement évident.

On pourrait très bien conclut M. Marlio, ainsi qu'il a été procédé pour la restauration des régions libérées, organiser un établissement bancaire analogue au Crédit National, et appelé Crédit Hydraulique.

Son rôle paraît double. Le Crédit hydraulique donnerait en un an, les subventions que l'Etat aurait à accorder en 15 ans. Pour cela, l'établissement émettrait des obligations remboursables en 60 ans, et l'Etat n'aurait à supporter que les charges des intérêts et de l'amortissement des emprunts pendant cette durée.

Mieux encore, cette organisation bancaire devrait être assez puissante, pour faire l'avance des capitaux à investir, qui peuvent être considérables, sans espoir d'être rémunérés avant cinq ou six ans. Elle devrait donc pouvoir s'appuyer sur une association des grandes banques et jouir pour ses émissions d'obligations de la garantie de l'Etat.

Le principe de l'organisation ainsi préconisée par M. Marlio consistait en somme à substituer au propre crédit des entreprises, le crédit d'un organisme bancaire officiel, servant d'intermédiaire, entre les entreprises et le public. Tel est en effet le principe à suivre.

La garantie d'intérêt de l'Etat dont jouirait un tel organisme lui permettrait d'utiliser des formes de crédit à très long terme (60 ans), ce que ne peuvent faire les entreprises privées. Ce serait en outre faire disparaître une inégalité choquante entre les entreprises privées et les entreprises d'économie mixte (telle que la Compagnie Nationale du Rhône) qui jouissent d'un tel privilège. Devant concourir les unes et les autres à la même œuvre commune d'utilité

13. Louis Marlio, *Nos forces hydrauliques*. Série des Conférences sur l'outillage économique de la France, 1921.

générale, il est équitable qu'elles soient dotées des mêmes prérogatives. Seuls, leur structure juridique et leur mode de financement peuvent les différencier. Mais le but économique est le même.

Ce principe général étant admis, il ne reste plus qu'à l'aménager pour en tirer toutes les possibilités. Il convient notamment, selon nous, pour constituer les ressources dont devra être doté l'organisme à créer de ne pas compter uniquement sur les contributions du budget général, bien que cela soit parfaitement légitime dans la mesure où il s'agit d'une œuvre d'intérêt général, mais de faire appel à des taxes industrielles, tenant compte du jeu des différentes lois économiques que nous avons vu intervenir au cours de cette étude.

1° *La concurrence thermique.* — Ainsi que nous croyons l'avoir montré, l'énergie thermique, outre qu'elle épuise petit à petit la substance d'une partie de notre patrimoine national, est susceptible, si son développement est désordonné, de gêner considérablement le propre développement de la houille blanche, source vive, inépuisable, de richesses.

La première dispose, par rapport à la seconde, d'une supériorité indéniable, que lui confèrent ses progrès techniques constants, la durée plus courte de formation de ses capitaux d'outillage et des charges financières incomparablement plus légères.

Une politique protectionniste semble donc s'imposer, personne ne pouvant contester que l'Etat doive s'intéresser au développement du domaine national.

Il vient tout naturellement à l'esprit de demander à la houille noire d'en faire les frais, puisqu'elle se trouve favorisée. Mais il n'est pas nécessaire de la charger de la totalité du fardeau.

Les modalités suivantes nous paraissent pouvoir être proposées :

a) Taxe sur les charbons d'importation destinés à la consommation des centrales thermiques. Une taxe de 5 fr. par tonne ne produirait guère plus de 5 millions. Elle

14. C'est ce que fait la Caisse des Dépôts et Consignations sous le régime de la loi du 31 mars 1931.

offrirait les avantages et les inconvénients des surtaxes compensatrices de change.

b. Taxe sur l'énergie des nouvelles centrales thermiques à construire, aux fins d'autorisation, et à percevoir pendant les cinq premières années. Il est évidemment très difficile d'en chiffrer le rendement probable puisqu'il s'agit d'usines à construire. On ne peut que l'estimer sur la base de 0,01 le kilowatt-heure, au voisinage de 1 million par an.

c. Taxe générale à la production sur l'énergie des usines thermiques de construction récente, en compensation de leurs charges fiscales moins lourdes. Pour toutes les usines modernes de construction postérieure à 1923, et pour les usines nouvelles à construire, à partir de la sixième année, une taxe de 0,004 par kwh donnerait environ 15 millions par an, avec une utilisation ne dépassant pas 1.500 heures.

Soit au total une vingtaine de millions par an à demander à l'énergie thermique.

2° *La loi de la rente foncière.* — Nous avons vu par contre que les usines hydrauliques construites avant la dévaluation du franc bénéficiaient d'abord d'une rente foncière, dans la mesure où a joué en leur faveur la loi du rendement décroissant, ensuite d'une rente économique de conjoncture due à la dévaluation monétaire.

L'évaluation de la première demanderait une longue enquête auprès des industries intéressées, permettant d'évaluer les coûts de production vrais de toutes les installations antérieures à 1921 par exemple.

L'évaluation de la seconde est plus aisée, tout au moins si l'on veut se contenter d'un ordre de grandeur.

D'après la statistique de la Chambre Syndicale des Forces Hydrauliques, le total des capitaux investis dans les installations de production et de distribution d'énergie hydraulique s'élevait en 1923 à 2.255 millions. En supposant que la moitié en ait été émise sous forme d'obligations, les 4/5 de cette moitié, soit 900 millions, se sont trouvés amortis par la dévaluation monétaire consacrée en 1928.

La charge financière correspondante, soit 63 millions environ, dont ont été ainsi allégées les entreprises propriétaires, répartie sur la production effective de l'équipement hydraulique français à cette époque, 3.500 millions de kwh,

donne une rente économique de près de 2 centimes par kwh.

Sans doute, les entreprises propriétaires ont-elles dû en user pour contribuer à l'équilibre des charges des usines nouvelles.

Nous estimons néanmoins qu'une redevance de 0.004 par kwh pourrait être demandée à ces entreprises sur la production de leurs usines de construction antérieures à 1923 pour une période à déterminer. Elle ne serait qu'une contrepartie d'ailleurs modérée des conséquences heureuses qu'a eues pour elles la dévaluation monétaire, tout comme on a demandé à la Banque de France en 1928 de passer l'éponge sur ses avances à l'Etat, en échange de la revalorisation de son encaisse métallique.

Le montant de cette redevance serait présentement de l'ordre de 14 millions.

Une contribution reposant sur le même principe, et basée sur la rente foncière, mais de l'ordre de 0,002, pourrait être demandée aux installations ayant au moins 15 années d'existence, et dont on peut supposer que les charges financières sont déjà plus supportables. Cette taxe se cumulerait pour partie avec la précédente, et rapporterait au début près de deux millions, mais, par la suite, son produit ne pourra qu'aller en croissant. Des révisions périodiques des taux devraient donc intervenir pour réajuster les ressources de la caisse, avec ses charges réelles.

Le montant total de la contribution ainsi demandée aux entreprises hydrauliques les plus favorisées, serait donc de l'ordre de 15 à 20 millions.

Nous ne doutons pas que nos propositions ne doivent encourir quelques critiques. Il ne pourra tout au moins leur être reproché de faire preuve pour la houille blanche, d'une indulgence excessive, puisque la contribution qui lui est demandée est du même ordre que celle de la houille noire.

Cette caisse de Crédit hydraulique disposerait ainsi de 40 millions de ressources annuelles, sans avoir rien à demander au budget et sans recourir à aucune taxe de consommation. Elle échappe donc aux griefs que l'on pouvait faire tour à tour aux systèmes antérieurs.

Le Crédit hydraulique ainsi organisé devrait pouvoir

mettre à la disposition des entreprises la totalité des capitaux à investir dans les installations nouvelles, et sans qu'il puisse être question, s'agissant d'un prêt consenti par une caisse semi-officielle et non d'une subvention, de leur imposer aucun contrôle de gestion de la part des représentants de l'Etat.

Dans ce but, le Crédit hydraulique aurait à émettre dans le public des obligations amortissables en 50 ou 60 ans, ou à partir de 30 ans avec primes de remboursement progressives, ce qui aurait l'avantage de reporter une partie de la charge d'intérêt à une époque où les ressources de la caisse seront plus élevées. Ces titres jouiraient de la garantie d'intérêt de l'Etat et seraient exonérés de la taxe de transmission.

La différence entre le taux de ces obligations et le taux réduit des prêts consentis aux entreprises serait comblée par le produit des taxes.

Un rapide calcul va nous montrer que l'ordre de grandeur des travaux d'aménagements qui pourraient être envisagés est tel que les ressources prévues seraient plus que suffisantes pour permettre à la Caisse d'assurer la totalité des investissements avec un taux inférieur de 2 à 3 points au taux courant de l'argent à long terme.

En se reportant à nos évaluations de la page 315, la moyenne annuelle des aménagements de chute d'eau à réaliser, de 1938 à 1963, en supposant un accroissement linéaire annuel de la consommation de 750 millions de kwh prévu de 1933 à 1963, serait de 80.000 kw. Tout au moins peut-on admettre ce chiffre comme vraisemblable pour un lustre ou deux comme aussi un cout moyen d'établissement qui, fixé à 5.000 fr. par kw en moyenne, devrait permettre de réaliser bon nombre de projets. Il en résulte un montant annuel de 400 millions de travaux à engager pour les seules chutes d'eau.

Quant aux barrages, lacs, réservoirs, si l'on suppose que la totalité des réserves dont l'aménagement est actuellement reconnu possible, devraient être équipées en 25 ans, le volume utile à aménager chaque année serait de 100 millions de m³, soit environ 100 millions de francs annuellement.

Enfin, une somme de 200 millions pendant 10 ans serait probablement plus que suffisante pour achever le réseau d'interconnexion.

Cette première et très approximative estimation nous conduit à un total de 700 millions d'investissements annuels que la Caisse de Crédit Hydraulique devrait être en mesure de fournir aux entreprises.

Nous estimons que les prêts destinés aux aménagements de chutes d'eau devraient être consentis à un taux inférieur de 2 points au taux moyen de l'argent à long terme, et, pour les aménagements de réserves hydrauliques et les lignes de transports du réseau national, inférieur de 3 points avec remboursement en 30 ans.

La charge d'intérêt que la Caisse de Crédit hydraulique devrait assurer avec le produit des taxes serait pour la première année et dans l'hypothèse de l'estimation que nous avons faite, de 17 millions.

Les ressources annuelles auxquelles nous aboutissons (de l'ordre de 40 millions au début) seraient donc plus que suffisantes pour permettre au système de démarrer.

Une étude plus approfondie permettrait de déterminer les modalités de révision à prévoir pour certaines taxes de forme progressive (p. 338) de façon à assurer l'équilibre financier de la Caisse, compte tenu de la progression concomitante des aménagements nouveaux, et des modalités de remboursement des emprunts émis dans le public (p. 339).

Nous avons voulu montrer par ce calcul simple que l'on doit pouvoir mettre sur pied une organisation du crédit hydraulique ne demandant aucun secours au budget, ce qui est une qualité assez peu commune des caisses de ce genre, mais permettant cependant d'assurer la mise en valeur de notre domaine hydro-électrique, dans des conditions qui faciliteraient singulièrement la tâche des sociétés productrices.

CHAPITRE III

L'UTILISATION ELECTROCHIMIQUE

Les utilisations électrochimique et électrométallurgique constituent une des formes d'activité les plus caractéristiques de la houille blanche, dont elles ont été pendant longtemps le domaine incontesté.

Nous avons vu, dans ce qui précède, le développement considérable de l'industrie hydro-électrique en ces quinze dernières années. Celui de l'industrie électrochimique et électrométallurgique a-t-il suivi le même rythme ?

Les transformations radicales subies par les conditions de production et de distribution de l'énergie hydro-électrique dont nous avons retracé les phases, ne vont-elles pas imposer à l'industrie électrochimique des modifications de structure profondes, si elle veut être en mesure de s'adapter à ce développement.

Tel est le problème que nous nous proposons d'examiner dans ce chapitre.

Nous avons dû renoncer à toute étude statistique sérieuse de la production dans l'industrie électrochimique, qui eût été indispensable cependant pour déterminer l'importance du fléchissement provoqué par la crise économique générale dans ses diverses branches et comparer ce fléchissement à celui des industries similaires, métallurgiques et chimiques.

Les renseignements recueillis par les soins du Service des Mines, et à l'aide desquels sont dressées les statistiques officielles, sont le plus souvent très erronés, à la source même. Ces industries, très particularistes entourent volontiers leurs opérations d'un petit air de mystère. Elles

n'aient pas donner de renseignements et quand elles en donnent, leur exactitude est douteuse.

Une statistique de la production des différents pays producteurs d'aluminium a été publiée par *Metalgesellschaft* de 1929 à 1932. Les résultats, d'après certains recoupements, en paraissent corrects. On retrouve quelques chiffres épars, relatifs à la production de carbure de calcium, mais qui, étant isolés, ont peu d'intérêt. En résumé, aucune source statistique sérieuse, suivie, permettant de faire une étude d'ensemble ¹.

On peut néanmoins se faire une idée de la diminution de productivité de l'ensemble de ces industries, en comparant aux variations de la consommation d'énergie électrique et de la production d'énergie hydraulique, la consommation d'énergie pour les applications électrochimiques et électrométallurgiques :

Millions de kwh	1923	1930	1933
Consommation totale d'énergie électrique	7.723	15.774	15.305
Indices	100	204	198
Energie hydraulique produite	3.405	6.975	6.550
Indices	100	205	192
Energie consommée par les industries électrochimiques et électrométallurgiques	1.500	2.875	2.015
Indices	100	192	134

Il semble qu'on puisse conclure de cette comparaison que le développement de l'industrie électrochimique ne suit pas celui de la houille blanche en général.

Cela n'est évidemment pas indispensable, et rien ne dit que les diverses catégories de consommation d'énergie

1. La production française de carbure de calcium aurait été, en 1931, de 75.000 t., plus 35 à 40.000 tonnes transformées en cyanamide. Les usines marchent à peine à 50 % de leur capacité de production. La production de cyanamide elle-même n'a pas dépassé 45.000 tonnes depuis 1930, après un maximum de 50.000 tonnes en 1929; les usines marchent actuellement à 30 % de leur capacité de production.

D'après Metalgesellschaft :

Productions d'aluminium en :	1929	1930	1931	1932
France	29.000 T	26.000	18.000	15.000
Etats-Unis	102.100	103.900	80.500	45.575
Mondiale	275.800	265.700	216.100	151.800

électrique doivent nécessairement rester homothétiques. Certains usages se développeront plus que d'autres, ce n'est pas douteux.

Le fléchissement est néanmoins très marqué. Au point culminant de 1930, on note déjà un retard appréciable, et en 1933, alors que la consommation d'énergie électrique, en général a à peu près rattrapé son niveau de 1930, et que la production d'énergie hydraulique suit de près, la consommation d'énergie pour les industries électrochimiques et électrométallurgiques est très en retard.

Nous avons noté dans le chapitre III du titre II, page 274 la similitude des variations de production de l'industrie métallurgique et des industries électrochimiques. Cette similitude permet-elle de penser que l'industrie électrochimique est moins qu'autrefois, une industrie spécifique de la houille blanche ? Elle n'est plus en tout cas depuis quelques années son apanage exclusif et nous avons vu, dans le chapitre IV du titre I quels rudes assauts tentaient de le lui ravir.

Dès lors que cette industrie n'est plus intimement liée à la houille blanche, on peut pressentir que les considérations qui à l'origine avaient prévalu pour déterminer la distribution géographique de ses principaux centres d'activité, ne sont plus maintenant aussi impérieuses. C'est ce que nous nous proposons de montrer dans ce qui va suivre.

Section I

Caractères généraux actuels de l'industrie électrochimique

Certaines précisions sur les dates sont indispensables pour bien comprendre dans quelles conditions sont nées les premières industries électrochimiques et électrométallurgiques, conditions qui expliquent à leur tour leur caractère d'extrême dispersion, qu'elles conservent encore aujourd'hui.

C'est en 1889, à la suite de la mémorable découverte d'Héroult que fut fondé le premier atelier, combien modeste de fabrication d'aluminium à Froges (Isère).

L'industrie du carbure de calcium, née des travaux de Moissan, est entrée dans le domaine de l'application industrielle, à la suite d'une découverte que l'ingénieur Bullier faisait en 1894.

C'est vers la même époque qu'apparaissaient les premiers électrolyseurs pour la fabrication électrolytique de la soude, du chlore, des chlorates alcalins.

Toutes ces applications industrielles se situent donc dans la dernière décade du XIX^e siècle.

Les unes (aluminium, chlore, soude, chlorates) concernaient des produits que l'on savait déjà fabriquer par voie chimique. Les nouveaux procédés appliquant les méthodes électrolytiques, n'étaient que des procédés plus perfectionnés, permettant d'obtenir un abaissement du coût de production d'ailleurs considérable. Elles bénéficiaient d'un monopole technique quasi-absolu, en raison de la suprématie définitive que leur conféraient les nouveaux procédés.

Les autres (carbure de calcium et tous les produits spéciaux issus du four électrique) étaient des produits nouveaux que, seules, les très hautes températures atteintes au four électrique permettaient de préparer. Ces applications bénéficiaient donc d'un monopole technique absolu.

Beaucoup plus tard (après la guerre) on verra apparaître de nouvelles applications (fabrication du phosphore, de l'acide phosphorique, de l'ammoniaque synthétique), qui ne feront intervenir l'énergie électrique que comme un agent d'élaboration facultatif. Il n'y aura pas de monopole technique.

Mais chaque fois qu'il y aura monopole technique, il faudra rechercher une source d'énergie électrique, à la fois puissante et bon marché, en raison des consommations d'énergie électrique très élevées qu'exigeaient tous ces procédés à leur naissance, avant qu'ils fussent dotés de leurs perfectionnements actuels.

§ 1. *La dispersion*

Où pouvait-on trouver une source d'énergie remplissant ces deux conditions ? Au pied d'une chute d'eau et pas ailleurs.

On savait bien produire l'énergie électrique à l'aide de moteurs thermiques. La machine génératrice de Gramme était connue déjà depuis quelques lustres. Mais, en raison du rendement déplorable de la machine à vapeur à cette époque, le prix de l'énergie électrique thermique était très élevé et devenait prohibitif pour des applications de ce genre.

Par contre, les Fredet, les Bergès, avaient depuis vingt ans déjà, appris à domestiquer la houille blanche. Les chutes d'alors étaient faciles et peu coûteuses à aménager. Au point de vue économique général, on se trouvait dans un point bas de la courbe des mouvements de longue durée des prix. Les conditions les plus favorables étaient réunies. Immobiliser quelques capitaux pour avoir ensuite une source d'énergie quasi-gratuite, utilisée pour ces fabrications nouvelles, devait séduire les audacieux.

Mais on ne savait pas transporter l'énergie. Les expériences de Deprez étaient encore trop récentes pour qu'on puisse songer à les utiliser industriellement. Force était donc de venir utiliser l'énergie électrique sur place. D'où cette floraison de petites usines poussant en même temps que les chutes, s'égrenant en chapelet le long des rivières des Alpes. Cette considération était tellement impérieuse que les conditions de transport les plus onéreuses étaient alors acceptées. L'usine de Chedde (Haute-Savoie) construite en 1894-1896, devait à l'origine recevoir ses matières premières et expédier ses produits par la gare de Cluses située à quelques trente kilomètres, à l'aide de charrois. De nombreuses usines des Alpes, d'installation ancienne ne sont pas encore raccordées au chemin de fer, et ne peuvent pas l'être en raison du prix trop élevé des travaux. Ce qui était sans importance il y a trente ou quarante ans devient maintenant une cause de faiblesse.

Une autre considération d'ordre purement technique justifiait cette dispersion.

Les applications électrolytiques exigent du courant continu, d'intensité élevée et à basse tension, exactement l'opposé de ce qui est requis pour transporter l'énergie dans de bonnes conditions. Il fallait donc placer les appareils d'utilisation le plus près possible des machines géné-

ratrices ; en fait, les salles d'électrolyse ne sont séparées de la salle des machines que par une ruelle, voire même par un simple mur mitoyen.

Pour des raisons analogues, les fours électriques de type monophasé le plus souvent, ne pouvaient, en raison de leur régime brutal, être branchés sur les réseaux de distribution de petite importance de la première époque. On les alimentait par machines séparées.

Ainsi tout concourait à faire des premières usines électrochimiques des unités économiques isolées.

Cette dispersion initiale imprime encore aujourd'hui à l'industrie électro-chimique son caractère morcelé, rebelle à la concentration sur le plan technique.

Une nouvelle tendance cependant s'est fait jour. Les progrès réalisés dans le transport de l'énergie électrique, l'extension incessante des réseaux, les gains substantiels réalisés par la vente du courant, devaient amener peu à peu les électrochimistes à sortir de leur isolement primitif et les usines les plus récemment installées comportent toujours un double équipement électro-mécanique, leur permettant, soit d'utiliser leur énergie sous sa forme spéciale à des fabrications électrochimiques ou électrometallurgiques, soit de déverser leurs excédents sur le réseau avec lequel peuvent être couplés leurs alternateurs normaux. Bien plus, les grandes sociétés envisagent de modifier l'équipement trop spécialisé de leurs centrales d'électrochimie, pour les rendre aptes à la production d'énergie sous tension et fréquence normales.

Dans peu d'années, toutes les vallées alpines, comme les vallées pyrénéennes, plus récemment équipées et plus évoluées, seront sillonnées par des lignes à haute tension reliant leurs usines au superréseau national. Si l'on en restait à ce stade, qui marque une concentration très poussée des moyens de production et de distribution de l'énergie électrique, l'industrie électrochimique, en temps que telle, n'en conserverait pas moins son caractère de grande dispersion. Que n usines électrochimiques soient reliées à un réseau général par leurs génératrices spécialisées, il n'en reste pas moins qu'elles continuent à être des unités

économiques isolées en temps que centres d'activité électrochimiques.

Tout au plus peut-on noter que la puissance de certaines unités primitives a été augmentée, en prélevant de l'énergie sur le réseau auquel elles ont été reliées par la suite, ou en y adjoignant la puissance d'une ou plusieurs chutes voisines amenées à pied d'œuvre par des lignes spéciales. Telle est, pour les usines anciennes, la seule manifestation du mouvement de concentration qu'on puisse relever.

C'est une troisième tendance, conséquence certaine du développement du superréseau, qui peut d'ores et déjà être prévue.

M. Maroger notamment, l'a indiquée très clairement à plusieurs reprises :

« Dans chacune de ces régions de production, existe ou se crée, ou se développe, une puissante industrie l'électrochimique, qui complète l'ensemble de la distribution de l'électricité sur le territoire national, et peut tirer un parti précieux des superréseaux. Disons tout de suite que ceux-ci pourront permettre à certaines industries électrométallurgiques ou électrochimiques, utilisant des matières premières importées ou travaillant à l'exportation, de penser à s'installer dans les ports mêmes, sans être rivés au fond de leurs montagnes »².

La même idée est précisée par le même auteur devant le Conseil National Economique³ :

« Il est d'ailleurs curieux de remarquer que ces réseaux de transport, qui paraissaient au début destinés à détourner la houille blanche de l'électrochimie et de l'électrométallurgie, au profit de la distribution, ont donné à l'électrochimie et à l'électrométallurgie de nouvelles possibilités en leur permettant de « décoller » leurs établissements industriels des usines hydro-électriques, et de les installer là où l'ensemble des conditions économiques qui conditionnent leur prospérité, paraissait le mieux se réaliser. C'est ainsi qu'on a vu déjà, et qu'on verra, je crois plus en-

2. *Manifestation annuelle de Houille Blanche et de Tourisme*, Conférence à Vienne, 11 juin 1928, p. 23.

3. *J.O.*, 23 août 1933, Annexe 38, p. 909, 7^e série des Rapports du Conseil National Economique.

core dans l'avenir, des industries utilisant des masses considérables d'énergie, s'établir loin des centres de production ».

Nous ne saurions mieux dire. Nous nous proposons de développer cette idée, qui paraît être celle de l'avenir, dans la section deuxième de ce chapitre, après avoir précisé par quelques données statistiques la position actuelle de l'industrie électrochimique.

En dépit des assauts qu'elle a dû subir, la houille blanche conserve encore une place prééminente dans l'industrie électrochimique et électrométallurgique.

En s'en rapportant aux chiffres des statistiques de 1932 (*supra*, page 58 et suivantes), sur 1854 millions de kwh consommés par cette industrie, 92 % sont d'origine hydraulique (949 millions, soit 51 % ayant été fournis par la région alpine, 520 millions, soit 28 %, par la région pyrénéenne 246 millions, soit 13 % par le Massif Central).

Pour chiffrer le degré de dispersion qui caractérise cette industrie, nous avons relevé, pour 33 entreprises grandes ou petites qui s'occupent, principalement ou accessoirement, d'industrie électrochimique, un total de 68 usines de fabrication, dont la grande majorité, surtout dans les Alpes, sont alimentées par des centrales hydrauliques indépendantes.

Deux seulement de ces sociétés sont réellement importantes : la Compagnie des Produits chimiques et électrométallurgiques d'Alès Froges et Camargue, qui dispose de 12 usines, et la Société d'Electrochimie et des Aciéries électriques d'Ugine, de 14 ; la puissance de production des 12 usines de la première étant cependant supérieure à celle des 14 usines de la seconde. (Nous n'avons pas fait état pour ces deux sociétés de leurs usines s'adonnant uniquement à des fabrications chimiques).

Toutes ces usines sont essentiellement à feu continu. On peut donc très exactement obtenir leur puissance moyenne en divisant par 8.760, leur consommation d'énergie électrique annuelle.

Ces données, calculées pour l'ensemble des 68 usines dénombrées et chacune des trois régions hydrauliques, sont rassemblées dans le tableau suivant :

	Nombre d'établis- sements	Consommation moyenne d'énergie en 1932 kwh 10 ⁶	Puissance moyenne en kw des usines électrochimiques 1932	des centrales hydrauliques P.N.D.
Alpes	49	949	2.260	4.400
Pyrénées	13	520	4.950	3.850
Massif Central	6	246	4.700	5.100
Ensemble	68	1.715	2.960	4.550

N.B. — La puissance moyenne des usines électrochimiques a été calculée en ne retenant que les installations de puissance installée supérieure à 1000 kva, pour que la comparaison puisse être faite avec la puissance moyenne des centrales hydrauliques.

L'année 1932 avait été particulièrement sévère pour l'industrie électrochimique. La consommation globale d'énergie avait atteint 60 % de celle de l'année record 1930 au cours de laquelle on peut le supposer, les usines ont dû s'approcher de leur capacité maximum de production.

En multipliant les chiffres qui précèdent par deux, on doit donc avoir une idée assez exacte de la puissance moyenne des usines électrochimiques françaises, et pouvoir la comparer valablement avec la puissance moyenne normale disponible des centrales hydrauliques que nous avons rappelée dans la dernière colonne de ce tableau.

Sous cette réserve que cette réduction d'activité ait porté dans la même proportion sur toutes les usines, on voit que la puissance moyenne des installations électrochimiques, beaucoup plus récentes, réalisées dans les Pyrénées et le Massif Central, est environ le double de la puissance moyenne des installations alpines, alors que l'on n'observe rien de semblable pour les centrales hydrauliques.

Seul donc, l'équipement électrochimique alpin a conservé son caractère de dispersion, et compte tenu de la réduction de la capacité de production de 1932, la puissance moyenne de l'usine électrochimique alpine est du même ordre que la puissance moyenne des centrales hydrauliques.

Dans les Pyrénées, et le Massif Central, au contraire, les installations électrochimiques ont été édifiées en vue d'un programme de fabrication déterminé, sans se préoccuper

la plupart du temps de les accoler à telle ou telle centrale. Aussi la puissance moyenne des installations électrochimiques y est-elle très supérieure à celle des centrales hydrauliques.

Mais, d'une façon générale, la puissance moyenne de l'usine électrochimique française, dont dépend évidemment sa capacité de production, est faible. En fait, les installations susceptibles d'utiliser plus de 100 millions de kwh par an, sont la minorité. L'industrie électrochimique reste donc encore à l'heure actuelle peu concentrée.

Il est intéressant enfin de noter dans ce domaine la survivance d'entreprises isolées très petites, qui ont réussi à conserver leur indépendance et souvent même appartiennent à de simples particuliers.

Un seul entrepreneur, M. Mizgier, en possède trois, dont la puissance varie de 500 à 1500 kw, et sises dans trois localités différentes de la région des Alpes : Argentine (Savoie) Saint-Pierre d'Albigny (Savoie) Serres (Hautes Alpes).

Mais la plus curieuse est certainement la minuscule usine de Buros, de la Société Electrométallurgique de Meyabat, dont c'est d'ailleurs la seule exploitation. Les touristes allant à Cauterets la peuvent admirer en contrebas de la route près du torrent, avec sa conduite forcée entrant par le toit. Elle bravait encore la crise en 1933... en fabriquant du carbure de calcium, une des fabrications les plus secouées par la crise et des moins rémunératrices, du moins aux dires des producteurs. C'est très probablement « *the smallest carbid plant in the world* ». Sa puissance (quand elle a de l'eau) ne doit pas dépasser 100 à 150. kw Son personnel comprenait : un directeur — contremaître — conducteur de camion et 10 ouvriers.

Cet exemple est assez amusant à méditer pour des économistes. Il montre comment une entreprise de houille blanche très petite, donc techniquement en position d'infériorité, peut néanmoins survivre, lorsque les frais généraux et charges financières ont disparu. Il suffit qu'elle puisse payer ses frais proportionnels ; le « don gratuit » de la nature l'y aide.

Il ne s'agit là évidemment que d'un exemple purement épisodique.

§ 2 *La part de l'énergie électrique dans le coût de production*

Nous avons indiqué, page 344, que l'une des considérations déterminantes qui avaient guidé les premiers électrochimistes dans le choix de l'emplacement de leurs installations, était la part prépondérante que représentait l'énergie électrique dans le coût de production de leurs produits, ce qui les incitait à rechercher une source d'énergie électrique à bon marché, que seules, les chutes d'eau pouvaient leur offrir dans leur voisinage immédiat.

Cette considération a-t-elle toujours la même importance, et les progrès techniques accomplis ne l'ont-ils pas quelque peu atténuée ? Tous les produits enfin sont-ils tenus de s'y soumettre, et pour certains d'entre eux, d'autres considérations n'interviennent-elles pas pour fixer, dans un sens différent, les meilleures conditions économiques à réunir pour parvenir au moindre coût de production ?

Nous devons nous borner à répondre à ces questions, en choisissant un certain nombre de produits-type, donnant lieu à des fabrications actives et dont l'ensemble suffira pour caractériser l'industrie électrochimique.

Nous avons comparé, à l'aide du tableau suivant, à dix années d'intervalle, 1923 et 1933, les cours de ces produits-type et l'influence sur les prix de la consommation d'énergie électrique. Les cours et les consommations sont indiqués à la tonne ; la part du prix de l'énergie sur le prix de vente est calculée à raison de 10 centimes le kwh.

Une première observation doit être faite à l'examen de ce tableau ; c'est la hausse presque générale des cours de la plupart des produits de 1923 à 1933, sauf pour le ferromanganèse et les produits azotés en dépit d'une diminution très sensible de la consommation d'énergie électrique obtenue grâce à des perfectionnements importants dans les procédés de fabrication. Pour cette double raison : diminution de la consommation spécifique d'énergie comptée dans les deux cas au même prix de 0,10 le kwh, accroissement du prix de vente, la part de l'énergie électrique est loin d'avoir conservé la même importance, sauf pour les produits dont les cours ont fortement fléchi (ferromanganèse et produits azotés).

TABLEAU V
PART DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DANS LE PRIX DE VENTE
des PRINCIPAUX PRODUITS ÉLECTROCHIMIQUES OU ÉLECTROMÉTALLURGIQUES

	1923			1933		
	Consommation d'énergie kwh	Cours fr.	% d'énergie sur prix de vente	Consommation d'énergie kwh	Cours fr.	% d'énergie sur prix de vente
Aluminium 98-99 %	(1) 32.000	(2) 8.000	(3) 39 %	(1) 22.000	(2) 10.500	(3) 21 %
Magnésium	—	—	—	22.000	28.000	8 %
Ferro-Silicium 45 %	7.200	1.100	65 %	6.500	1.325	49 %
Ferro-Chromé 4 % C.	9.000	1.875	48 %	8.000	2.650	30 %
Ferro-Manganèse : 76-80 %	3.600	1.550	23 %	2.900	800	36 %
Carbure de calcium	4.200	900	47 %	3.200	1.200	27 %
Cynamide calcique	4.000	1.020	39 %	3.250	980	32 %
Nitrate de chaux 13 % ¹	3.500	1.150	30 %	2.400	750	32 %
Chlore liquide	—	—	—	3.100	1.700	18 %
Chlorate de soude	—	—	—	6.700	3.000	22 %

1. Cours et consommation d'énergie en 1928, année où la fabrication de ce produit a commencé effectivement en France, par voie électrochimique.

Cette remarque ne pourrait que s'accroître pour certains produits pouvant se contenter d'énergie de basse qualité, donc à moindre prix, et elle nous conduit à cette conclusion que beaucoup d'industries électrochimiques et électrométallurgiques cessent de plus en plus d'être des industries spécifiquement « électriques » pour dépendre davantage des facteurs économiques généraux.

Nous assistons donc, grâce aux progrès de la technique, à une modification profonde de la physiologie économique de cette industrie, qu'il convient d'autant plus de souligner qu'il s'agit là d'une évolution seulement amorcée.

Alors que les industries de la construction des moteurs hydrauliques et des machines électriques approchent de la limite des perfectionnements techniques possibles (rendement des turbines, 88 à 92 % ; des machines électriques, 93 à 98 %) la plupart des industries électrochimiques ont devant elles une marge de perfectionnement encore considérable.

Pour ne citer que quelques exemples, le rendement des fours électriques du type à résistance, bien construits, est de 65 à 75 % de qui vaut dire que 25 à 35 % de l'énergie mise en jeu est dissipée en chaleurs perdues, sans profits pour la réaction qui s'accomplit. Ce rendement est moins bon dans les fours à arc, où, par suite du principe même du chauffage, l'énergie dissipée par unité de puissance mise en jeu, est plus élevée. Il en est de même pour les appareils d'électrolyse par voie ignée qui, bien que fonctionnant à des températures plus modérées, ne peuvent mettre en jeu que des puissances plus réduites par unité de volume.

C'est ainsi que, pour la fabrication de l'aluminium que nous citons plus spécialement parce que nous la connaissons bien et qu'elle est fondamentale pour l'électrométallurgie française, la consommation théorique d'énergie électrique est de 6.400 kwh par tonne. La consommation pratique était il y a dix ans de 30.000 à 33.000 kwh ; elle est aujourd'hui avec les fours ouverts en service dans les usines françaises de 18.000 kwh pour les types les plus récents à 25.000 kwh pour les plus anciens. C'est à peu de chose près tout ce qu'on pourra tirer des fours ouverts.

La technique des fours fermés, problème hérissé de difficultés et auquel nous nous proposons d'apporter prochainement une contribution importante, doit, selon nous permettre d'obtenir un nouvel abaissement de la consommation d'énergie qui ne sera pas inférieur au tiers des meilleures consommations actuelles. Le rendement thermique de ces nouveaux fours perfectionnés ne serait encore que de 50 à 55 %.

Laissons la technique, après avoir montré les espoirs qu'elle peut susciter, pour revenir à l'économique.

La hausse quasi-générale des produits électrochimiques ou électrométallurgiques qu'on relève de 1923 à 1933, peut-elle s'expliquer par une évolution semblable des facteurs économiques généraux ?

Il est difficile de faire des comparaisons indiciaires avec la période d'avant-guerre où l'industrie électrochimique et électrométallurgique était loin d'avoir son développement actuel, et était surtout dépourvue de la puissante organisation commerciale, nationale et internationale, qui lui permet aujourd'hui de conserver aux cours une grande stabilité. Certaine branche de cette industrie, aujourd'hui très active sinon très prospère, telle que la fabrication des engrais azotés, n'existait pas ou à peu près en France. Les cours des produits du four électrique étaient irrégulièrement cotés et sujets à de fréquentes variations. Des ententes commerciales existaient bien, notamment pour l'aluminium, le carbure de calcium, mais le jeu n'en était pas toujours parfait, et de temps à autre un outsider réclamait sa part. On n'a pas oublié la lutte de prix et les soubresauts des cours survenus en 1914, sur le marché du carbure à la suite de l'entrée en scène des usines Rochette frères.

Nous avons dû nous borner, pour faire cette comparaison à choisir trois produits suffisamment représentatifs : l'aluminium, le ferro-chrome à 4 - 6 % de carbone, et le carbure de calcium.

Sur la base 100 en 1914⁴, l'indice non pondéré des cours

4. Cours de l'aluminium 98-99 % : 2.400 fr. du ferro-chrome 4-6 % : 490 fr. du carbure de calcium 290 fr. (une baisse de 80 fr. devait être appli-

de ces trois produits était de 338 en janvier 1923, 490 en janvier 1931, et 450 en janvier 1934.

L'évolution des prix dans cette industrie a donc été toute différente de celle des prix de gros. L'indice général des prix de gros pour la France était en effet de 653 en mars 1924, de 640 à la fin de 1926, puis, après une légère baisse en 1927, effacée par une hausse de même importance en 1928, se retrouvait à 653 en mars 1929, 640 en avril 1929, et 385 en février 1934.

Alors que de 1926 à 1929, il y avait simplement eu consolidation des prix de gros, résistance à la baisse, cependant qu'une baisse véritable se manifestait sur les prix mondiaux, l'industrie électrochimique poursuivait sa hausse jusqu'en 1931, et ne devait céder, fort peu d'ailleurs, que devant l'aggravation de la crise.

D'une façon générale, cette industrie paraît donc privilégiée sous le rapport des prix. Les cours sont solidement tenus par des ententes industrielles sans fissures, auxquelles se superposent des ententes internationales similaires.

C'est ainsi que le syndicat international des ferrosiliciums a pu obtenir un relèvement des prix de 100 fr. la tonne à partir du 1^{er} janvier 1932. Par contre, pour d'autres ferro-alliages, le rôle des dissidents a été néfaste, et a contribué à l'effondrement des prix ; tel a été le cas des silico-manganèses, des ferro-manganèses, le seul des produits du four électrique cités dans le tableau V dont le cours ait baissé de 1923 à 1933, de près de 50 %.

Dans l'industrie de l'aluminium, les prix avaient subi une forte hausse en 1926, atteignant jusqu'à 110 livres pour les transactions internationales, ce qui permettait au Président du Conseil d'Administration de la Compagnie d'Alès, Froges et Camargue de déclarer à l'Assemblée Générale du 30 mai 1932 que, depuis 1926, l'entente de l'aluminium avait baissé quatre fois le prix du métal, soit au total, une diminution de 32 %. Effectivement, le don de joyeux avènement de l'Alliance aluminium Compagnie, la dernière forme de l'entente internationale des produc-

quée en mars 1914 pour peu de temps); tous ces cours s'appliquent à la tonne.

teurs d'aluminium, ⁵ avait été de ramener à 80 livres à partir du 1^{er} janvier 1932, le précédent cours de 85 livres (par tonne anglaise de 1016 kgs) qui était en vigueur depuis le 17 novembre 1930. Parallèlement, le prix français était ramené de 11.110 fr. à 10.500 fr. la tonne, cours officiel encore en vigueur sur le marché français ⁶. Par contre, depuis la dévaluation des monnaies anglo-saxonnes, le cours sur Londres a été relevé de 80 à 100 livres.

Cette remarque rectificative, pour signaler la pointe des cours enregistrée en 1926, atténuée depuis, n'affaiblit en rien la comparaison que nous avons faite entre l'indice électrochimique et l'indice général des prix de gros en 1914, 1923, 1931 et 1934.

Quelle aurait dû être l'évolution des prix, compte tenu des perfectionnements techniques obtenus, si elle avait été étroitement soumise aux facteurs économiques généraux ?

En regroupant les différents éléments du coût de production de ce métal suivant leur origine, on peut la représenter de la façon suivante :

Energie électrique	33,5
Eléments nationaux	50
Eléments importés	16,5
	100

(Ces chiffres soulignent le caractère essentiellement national de l'industrie de l'aluminium).

La consommation d'énergie électrique de 1914 à 1933 a été réduite dans le rapport de 3 à 2, pendant que le prix moyen réel de l'unité d'énergie, exprimé en francs légaux, passait de 100 à 190 (*supra*, page 160).

Pour les deux autres postes, on peut admettre qu'une amélioration quantitative de 20 % au moins a été obtenue en l'espace de vingt années.

Pour les éléments nationaux, l'indice des prix sur la base 100 en 1913 était de 647 fin 1926 et de 430 en février

5. Société anonyme au capital de 35 millions de fr. suisses, répartis entre les adhérents français, anglais, suisses, norvégiens, allemands et canadiens. Les Etats-Unis n'en font toujours pas partie, mais cette abstention n'est nullement l'indice d'une opposition ouverte. Le siège social est à Bâle.

6. Une nouvelle baisse de 10.500 fr. à 9.500 fr. a été appliquée depuis le 1^{er} octobre 1934

1934 ; pour les éléments importés, de 628, fin 1926 et 303 en février 1934.

Le coût de la production, schématisé ci-dessus, devient :

Energie électrique $33,5 \times 1,9 \times 0,66 = 42$

Eléments nationaux $50 \times 4,3 \times 0,80 = 172$

Eléments importés $16,5 \times 3,03 \times 0,80 = 40$

254

Le prix français étant en 1914 de 2.400 fr. la tonne, il devrait être maintenant, si les différents éléments du coût de production avaient suivi la même évolution que les indices généraux de 6.100 fr.

De nombreuses critiques peuvent être formulées contre ce mode de calcul.

Les indices de prix que nous avons adoptés sont des indices généraux qui peuvent s'écarter des indices réels de l'industrie considérée, mais sans doute assez peu.

Tout le débat doit porter sur l'énergie électrique. Si on la considère purement et simplement comme un élément national (et on ne peut exiger davantage), il faut appliquer l'indice 430. L'indice global du coût de production devient 307, ce qui justifierait un cours de 7.370 fr. la tonne, soit à peu de chose près le cours mondial (7.390 fr. sur la base de 100 livres la tonne anglaise de 1016 kg, cours de la livre à 75 fr.)

La question est en réalité fort complexe. La totalité des usines de fabrication d'aluminium (sauf 2, celle de Rioupérourx, (Isère) achetée en 1926, et celle de Sabart (Ariège) construite en 1928) utilisent l'énergie de centrales d'avant-guerre, dont la plus récente, celle de l'Argentière, date de 1910. Toutes ces installations sont actuellement entièrement amorties.

Il est parfaitement correct cependant, du point de vue économique, de ne pas compter leur énergie pour le coût résiduel qui serait quasi-nul, mais pour un prix d'ordre, permettant aux sociétés de reconstituer les capitaux d'épargne nécessaires à l'édification de nouvelles installations.

Mais quel doit être ce prix d'ordre ? Doit-il être de 1,9 pour 1 avant la guerre, comme il semble résulter de l'étude

très générale et d'ailleurs approximative, que nous avons faite ; doit il être plus élevé ?

Des éléments plus précis, que seules possèdent les sociétés seraient indispensables pour aborder une pareille étude.

Quoiqu'il en soit, il semble bien que les prix français des produits du four électrique, sauf de rares exceptions, soient sensiblement ajustés aux prix nationaux (Indice général des produits nationaux en février 1934 : 430 ; indice pour l'aluminium : 437 ; pour le carbure de calcium : 415 ; pour le ferro-chrome 4,6 %, de carbone : 540) alors que :

1°. les perfectionnements techniques,

2°. l'amortissement au moins partiel des centrales hydro-électriques,

3°. pour certains d'entre eux (ferro-alliages à base de matières premières étrangères) la baisse des prix des produits importés,

justifieraient des cours moins tendus se rapprochant davantage des cours mondiaux.

Hâtons-nous d'ajouter, pour lever un coin du voile, que certaines transactions importantes se font très sensiblement au-dessous des cours officiels. Il ne peut guère en en être autrement. Dans les défenses douanières les plus savantes, se crée un jour ou l'autre une fissure par où s'exerce la pression des lois économiques que l'on ne peut pas indéfiniment éluder.

Ainsi, il est toujours exact, car cela ne dépend que des propriétés physiques des deux métaux, que l'aluminium peut se substituer avantageusement au cuivre dans la fabrication des conducteurs électriques, dès que son prix est inférieur au double du prix du cuivre.

Or, il suffit de consulter une cote pour constater que cette condition est très loin de pouvoir être réalisée en ce moment. Le 29 septembre 1934, pour livraison en lingots, ces deux métaux cotaient aux 100kg. à l'acquitté Paris, l'aluminium 1050 fr., le cuivre 250⁷.

Et l'on construit cependant les lignes à 220.000 volts du Massif Central à Paris en cables aluminium-acier. Il est bien évident que ce ne peut être qu'au prix d'un sacrifice

7. Cours le 13 octobre : 950 fr. et 235 fr.

sérieux sur les prix, que le jeu de la loi de substitution est ainsi neutralisé.

En régime de monopole, et dès lors que les règles qui régissent la formation des prix sur un marché libre sont écartées, il n'y a plus un prix unique ; il y a au contraire tendance à la pluralité des prix, le prix de monopole étant le prix limite ; ces prix différents correspondent à des applications différentes, pour lesquelles la loi de substitution ne joue pas à la même graduation de l'échelle des prix.

Cette faculté qu'ont les industries électrochimiques et électrométallurgiques de diriger les prix n'est pas seulement le fait d'ententes industrielles puissamment organisées, mais aussi d'une protection douanière difficilement vulnérable.

Pour l'aluminium en lingots, et par 100 kg, le tarif général à l'entrée en France est de 1360 fr. le tarif minimum de 340 fr. Le Canada bénéficie du tarif minimum, mais les Etats-Unis paient un droit de 510 fr. qui représente la moitié du prix français.

Pour le carbure de calcium, pour un cours français de 120 fr. le tarif général est de 144 fr. et le tarif minimum de 36 fr. Etats-Unis et Canada ont à payer 81,60, soit 68 % du prix français.

A l'abri de cette protection douanière, l'industrie électrochimique jouit donc d'une grande quiétude sur le marché français. Mais l'écart qui s'est établi entre les prix nationaux et les prix mondiaux, depuis les événements monétaires de ces dernières années, et dont nous avons donné un exemple pour l'aluminium, la place en posture plus difficile pour les marchés d'exportation. Les courants d'échange y sont maintenant, comme dans bien d'autres branches de l'industrie, des plus réduits.

Pour l'aluminium, brut et transformé, les ferro-alliages, le carbure de calcium, le nitrate de chaux et la cyanamide la valeur globale des importations (commerce spécial) est passée par un maximum de 142.859.000 fr. en 1926 et est tombé en 1932 à 24.566.000 le courant le plus actif appartenant à l'aluminium transformé avec 8.631.000 fr. La valeur globale des exportations pour les mêmes produits est passée par un maximum de 147.760.000 en 1927

et est tombée en 1932 à 48.744.000, dont près de la moitié revient au carbure de calcium avec 22. 998.000 fr.

Section II

Les tendances nouvelles : centres d'utilisation électro-chimiques

Du chapitre I du titre III, consacré à l'étude du rôle économique que devra jouer le superréseau national, du chapitre IV du titre I, consacré à l'étude des conditions de concurrence entre l'énergie hydraulique et l'énergie thermique, du chapitre II du titre II, consacré à l'étude du coût de production, se dégagent trois faits principaux :

1°. Le marché de l'énergie électrique tend de plus en plus à devenir un marché idéal, en raison des conditions de transport et de la rapidité des transactions, que permettra l'extension du superréseau national à tout le territoire.

A des transactions contractuelles, à prix fermes et pour de longues durées, viendront de plus en plus se superposer des transactions obéissant à chaque instant au libre jeu de l'offre et de la demande, suscitant des utilisations imprévues en correspondance avec des possibilités de production également imprévues.

Unification de la qualité de la marchandise vendue, contact permanent et aussi étroit que possible entre acheteurs et vendeurs, publicité parfaite des quantités et des prix offerts et demandés, rapidité des transactions, sont, on le sait, les conditions économiques requises pour aboutir à l'*unité de prix*.

A part des différences minimales, tenant aux péages dans le sens des grands courants de transport, que viendra largement atténuer la possibilité d'utiliser les glissements d'énergie de région à région, il y aura donc tendance à la formation d'un prix unique de l'énergie sur tout le territoire, pour chaque catégorie d'utilisations.

2°. Les lignes de transport des réseaux régionaux et, plus encore, les grandes artères du réseau national, seront nécessairement de très faible ou médiocre utilisation.

La rentabilité de ces lignes étant assurée par le transport au cours d'horaires restreints, d'énergie valorisée et commandée, elles présenteront des « creux » sans emploi, leur permettant de transporter, moyennant un péage extrêmement bas, de grosses quantités d'énergie pour des utilisations sans horaire fixe.

3°. Le prix de l'énergie électrique tendra nécessairement à la baisse, le coût résiduel de l'énergie hydraulique après la période des amortissements industriels, devant obligatoirement être inférieur au coût résiduel de l'énergie thermique.

Dans ces conditions, les utilisations électrochimiques peuvent être envisagées en n'importe quel point du territoire, en se préoccupant, non plus comme autrefois de la proximité d'une chute d'eau, mais seulement de la proximité d'une grande ligne de transport, et surtout, de conditions économiques générales les plus favorables, au regard de la main d'œuvre et du transport des matières premières et des produits fabriqués.

D'où deux ordres de considérations économiques et techniques, susceptibles de fixer l'importance des centres d'utilisation électrochimiques, le choix de leur emplacement, ainsi que des fabrications à y pratiquer.

Pour bénéficier en outre des avantages de la concentration industrielle, ils devront nécessairement être en très petit nombre.

§ 1. *Considérations économiques.*

S'agit-il de produits dont les éléments sont tirés de notre sol et dont le débouché est exclusivement national ? L'emplacement le plus favorable au regard des frais de transport sera au voisinage du centre de gravité des principaux centres de consommation, si l'on y trouve en même temps les matières premières.

Ce sont des considérations de ce genre qui permettent aux usines de Lens et d'Uckange de produire, avec profit sans doute, du carbure de calcium et de la cyanamide, avec courant thermique à 13 ou 14 centimes le kwh, parce qu'elles en ont sur place les éléments (coke et calcaire) et

que, d'autre part, les usines se trouvent à proximité des centres agricoles, gros consommateurs.

Les usines des Alpes et des Pyrénées disposent bien de courant à plus bas prix, mais elles doivent payer de gros frais de transport, non seulement pour le coke, et même pour la chaux qu'elles n'ont pas toujours à proximité, mais aussi pour les produits fabriqués, dont le transport, en raison du mode d'emballage en bidons métalliques, est onéreux.

Or, les 5 usines de cyanamide utilisant du courant hydraulique ont une situation périphérique Modane (Savoie), Brignoud (Isère) Bellegarde (Ain) Marignac (Haute-Garonne) Lannemezan (Hautes Pyrénées) qui les éloigne des grands centres de consommation.

S'agit-il, au contraire, de produits dont les matières premières sont importées, il faudra, dans ce cas, chercher à se rapprocher d'un port. Les produits fabriqués, même s'ils doivent être en majeure partie vendus sur le marché national, paieront, sur une même distance, des frais de transport en général moins élevés que la quantité correspondante de matières premières ayant été utilisées pour leur élaboration. Dans presque tous les cycles de fabrication, il y a des stériles éliminés au cours des diverses opérations, qu'il vaut mieux transporter le moins loin possible.

Mais, peut-on objecter, ces nouveaux centres d'utilisation constitueraient un suréquipement nouveau, parfaitement inutile, puisque les installations actuelles travaillent bien souvent au $1/3$ de leur capacité de production, d'autant plus dangereux pour les installations anciennes, que leur puissance, leur supériorité de situation, leur conféreront une suprématie mieux affirmée.

Aussi bien, (et l'intitulé même de la question traitée dans cette section l'indique) ne peut-il s'agir que d'une tendance à suivre, au fur et à mesure que l'élimination d'équipements anciens dont l'infériorité économique est manifeste, permettra la création d'équipements nouveaux. Les théories de la productivité marginale sont en économie industrielle d'une application générale et tous les facteurs de la production doivent s'y soumettre, aussi bien les usines,

forme complexe des capitaux d'outillage, qu'une machine-outil ou l'ouvrier qui la conduit.

Le mouvement de concentration industrielle favorise d'ailleurs ces éliminations d'équipements, car elles sont d'autant moins douloureuses qu'elles représentent une fraction relativement petite des immobilisations.

La Compagnie des Produits chimiques et électrométallurgiques d'Alès, Froges et Camargue, la plus puissante des sociétés électrochimiques françaises, a arrêté il y a deux ans deux de ses fabriques d'aluminium, très vraisemblablement celles dont le prix de revient était le plus défavorable et leur arrêt pourra se prolonger encore longtemps sans que l'équilibre de l'affaire s'en trouve compromis⁸.

Il faut bien remarquer d'ailleurs que, pour la très grande majorité des installations françaises, plus particulièrement pour les installations de la région pyrénéenne et du Massif Central, l'arrêt définitif des ateliers d'électrochimie laisse toujours subsister la centrale hydraulique chargée de l'alimenter, œuvre vive de l'entreprise.

Si la centrale est déjà raccordée au réseau, elle n'a plus qu'à vendre son courant comme elle pourra, mais l'ensemble de l'entreprise conserve à peu près intégralement sa valeur économique, les outillages des ateliers d'électrochimie, si l'on en excepte le métal des conducteurs, qui a toujours une valeur de revente, ne représentant en général qu'une part relativement peu importante de l'ensemble des capitaux immobilisés.

Si la centrale n'est pas raccordée à un réseau, son arrêt est plus pénible, car il faut envisager une immobilisation nouvelle, à une époque où on y est d'ordinaire peu disposé, pour transformer son équipement électromécanique, si toutefois une ligne de transport passe à proximité. S'il n'y en a pas, c'est l'arrêt définitif. Mais, ce cas deviendra de plus en plus rare, toutes nos vallées alpines, à l'exemple des vallées pyrénéennes, étant appelées d'ici peu d'années à être sillonnées par des lignes de transport à haute tension.

Le problème des éliminations d'équipements anciens,

8. Elle vient depuis peu d'en arrêter une troisième dans la vallée de l'Arc.

préalable à la création des centres d'utilisation électro-chimiques, deviendra alors beaucoup plus aisé.

L'arrêt de n usines anciennes, situées au fond des vallées dans la région périphérique, reviendra en définitive à déverser sur le réseau général, leurs puissances électriques, pour en utiliser le total dans un centre d'utilisation unique, dans des conditions techniques et économiques autrement favorables.

Il n'en résultera même pas une majoration appréciable du prix de l'énergie par le fait du transport, car, lorsque le réseau général sera suffisamment ramifié, il y aura tendance, ainsi que nous l'avons montré, à la formation d'un prix unique. Les avantages économiques à attendre de cette forme d'utilisation concentrée seront d'ailleurs plus que suffisants pour compenser la part des charges financières du réseau général dont on pourrait être amené à grever l'énergie nouvelle qui lui serait ainsi confiée.

Il est évident enfin que l'on pourra demander à ces centres d'utilisation de jouer, vis-à-vis de l'ensemble du réseau, un rôle de régularisation pour l'absorption des excédents quotidiens ou saisonniers, qui ne pourrait être dévolu à des installations dispersées de puissance totale équivalente. D'une part, la marge de suréquipement que l'on sera obligé de consentir pour leur donner toute la souplesse nécessaire sera beaucoup moins onéreuse, que si l'on doit la répartir sur plusieurs installations de petite puissance. D'autre part, la spontanéité des manœuvres, indispensable pour obtenir une bonne utilisation de l'énergie, sera plus facilement obtenue, si l'organe central de répartition n'a à alerter qu'un ou deux centres d'utilisation, au lieu de n petites usines dispersées. Ces centres d'utilisation seraient donc, pour l'ensemble du réseau, de puissants organes de compensation, absorbant immédiatement de l'énergie lorsqu'un excédent apparaîtra quelque part sur le réseau, en restituant au contraire, ou plutôt cessant d'en consommer, lorsque, par suite de la défaillance soudaine d'une usine de production, ou de l'apparition d'un besoin inopiné, on devra lui demander de diminuer sa puissance. Sauf à leur assurer une puissance de base pour leurs besoins incompressibles, ce seront donc par défi-

nition des consommateurs peu exigeants, pouvant accepter de larges variations de puissance et d'horaire. Ils seront à la disposition du réseau, alors que, le plus souvent, c'est le réseau qui est à la disposition des consommateurs. Des programmes d'utilisation aussi accommodants devront leur valoir, on le pense bien, des tarifs exceptionnels.

De par la souplesse même de leur équipement et par sa puissance, les centres d'utilisation seront donc à même de pouvoir absorber une notable fraction de leur énergie, sous forme d'excédents qui, sans eux, n'auraient pas trouvé preneur, et qui par conséquent leur seront offerts à des prix très bas. Pour quelques années encore, la tranche d'énergie flottante qui ne sera pas produite faute d'emploi sera de l'ordre de 1 milliard de kwh, en supposant que le coefficient d'utilisation de l'ensemble de nos richesses hydrauliques reste fixé à 0,80. A 0,85 une nouvelle tranche de 600 millions de kwh apparaîtra. De sorte qu'il n'est pas téméraire de penser (et ce sera d'autant plus exact que la puissance globale équipée s'accroîtra) qu'il y aura toujours, pour l'ensemble du domaine hydro-électrique français, un flottant de un milliard de kwh sans emploi, donc de très faible valeur. Leur transport ne coûtera rien ou fort peu, puisque, par définition ces centres d'utilisation seront installés à proximité d'une grande artère du superréseau, pour en recevoir de l'énergie aux heures creuses.

La puissance de base constante étant 1, la puissance d'excédents, *ad nutum* pour le réseau, étant 3 pendant 4000 heures, la puissance moyenne sera 2,5, ce qui revient à dire que l'énergie à absorber par ces centres d'utilisation comprendrait 2 parties d'énergie constante à prix normal, et 3 parties d'énergie résiduelle à prix très bas. Le prix moyen devrait donc être de l'ordre de 5 centimes le kwh.

Le choix des fabrications pouvant se plier à un tel régime dépend de considérations techniques que nous allons maintenant examiner.

§ 2. *Considérations techniques.*

Toutes les fabrications électrochimiques ou électrométallurgiques ne présentent évidemment pas la souplesse

nécessaire pour pouvoir s'adapter à un pareil régime. Enfin, ne peuvent être retenues pour les centres d'utilisation que des fabrications susceptibles d'un débouché assez considérable pour pouvoir se prêter utilement à une organisation concentrée.

Doivent donc être écartées pour ces deux raisons, les fabrications de produits électrométallurgiques spéciaux, de petit tonnage, exigeant en outre, par suite de la précision de leur composition, des régimes de marche excluant les grandes variations de puissance. On peut ranger dans ce groupe les métaux alcalins ou alcalino-terreux (sodium, calcium, magnésium, cerium) dont les débouchés sont très limités, ferro-alliages spéciaux (ferro-tungstène, ferromolybdène, ferro-vanadium), les siliciures, de petit débouché également, exigeant de plus des régimes de marche précis. Toutes ces fabrications doivent pouvoir être pratiquées dans des conditions acceptables par les petites usines de montagne : elles n'exigent que de petites puissances ; les produits sont d'un prix relativement élevé pouvant supporter des frais de transport.

Les ferro-siliciums, quoique donnant lieu à la fabrication de plus gros tonnages, sont dans une situation analogue. La gamme en est très diversifiée, depuis le ferro-silicium à 10% qui est un produit sidérurgique, jusqu'au ferro-silicium riche à 90 et 95% dont la fabrication est beaucoup plus difficile. La matière première fondamentale, la silice qui doit être très pure, est en tout cas d'origine nationale et les gisements de nos régions montagneuses, sans être ni très abondants, ni quelquefois très faciles d'accès, suffisent aux besoins.

On pourrait hésiter pour l'étain, les ferro-manganèses, les spiegels, les ferro-chromes, dont les minerais sont importés et dont par conséquent la fabrication gagnerait à être rapprochée des ports. Il s'agit là aussi de produits qui, sous un même nom générique, englobent toute une gamme de différentes espèces, dont quelques-uns, comme les ferro-chromes affinés ou suraffinés, sont de fabrication très délicate, et pour lesquels au surplus une fabrication en grand serait tout à fait superflue.

Les prix des ferro-chromes varient de 2.500 fr. la tonne

pour la qualité la plus commune, jusqu'à 3.600 fr. pour la qualité très affinée. Les ferro-siliciums se cotent depuis 925 fr. la tonne pour la qualité à 25 % Si, et jusqu'à 3.000 fr. pour la qualité à 90 % Si. Ce sont bien des produits à fabrication compartimentée, mais non pas massive.

Après ces éliminations successives, il reste un certain nombre de produits-type, pourvus de larges débouchés relativement aux précédents et pouvant se prêter à des fabrications en grand rationalisées.

Nous les rangerons en trois catégories, d'après la qualité de l'énergie qu'exigent les techniques en usage pour leur préparation.

a) *Fabrications souples*. Ce sont tous les procédés faisant appel à l'électrolyse par voie humide (électrolyse de l'eau et la fabrication de l'ammoniaque synthétique, électrolyse des chlorures en solution aqueuse pour soude, chlore, chlorates alcalins). Dans ces fabrications, la puissance des électrolyseurs, qui sont toujours à l'origine du cycle de fabrication, peut varier instantanément du 1/10 de la charge normale (et même depuis 0 si on le désire) jusqu'à la pleine charge, sans autre inconvénient que celui de quelques manœuvres ou réglages appropriés au changement de régime. On peut donc s'accommoder, pour de telles préparations, d'énergie irrégulière de peu de valeur.

b) *Fabrications rigides*. Ce sont au contraire, d'une façon générale, celles qui font appel à l'électrolyse par voie ignée. Le courant électrique ne traverse plus une solution saline aqueuse, mais un bain de sels fondus. Les conditions de température à observer, les variations de densité pouvant résulter des variations de température et leurs fâcheuses conséquences, sont telles que l'on doit nécessairement utiliser pour ces fabrications une puissance aussi régulière que possible. C'est pourquoi nous les avons qualifiées de rigides.

Cela est particulièrement vrai d'une fabrication qui est un des bijoux de l'électro-métallurgie française, celle de l'aluminium. Du moins en était-il ainsi avec les fours ouverts en usage jusqu'à ce jour. Mais on étudie actuellement de divers côtés des dispositifs permettant de faire varier, dans une grande limite, la puissance des cuves

d'électrolyse, sinon au cours d'une même journée, de telles variations ne pouvant avoir la même spontanéité que dans les électrolyses par voie humide, tout au moins d'une saison à l'autre, ce qui serait déjà précieux.

De telles fabrications ne peuvent donc consommer que de l'énergie fournie à puissance constante.

c) *Fabrications semi-rigides*. Dans ce groupe rentrent les procédés électrothermiques pratiqués dans des fours à résistance de types les plus divers, mais où l'on fait appel uniquement aux effets calorifiques du courant (carbure de calcium, cyanamide, graphite, corindon, acide phosphorique, etc...). Les fours, en raison de leur masse, peuvent sans inconvénient sérieux, subir des variations de charge de l'ordre du $1/4$ ou du $1/2$ de la charge normale, pendant quelques heures, et même l'arrêt complet pendant une heure ou deux. Mais on ne saurait leur demander, comme aux électrolyseurs par voie humide, des variations de puissance aussi fréquentes et d'aussi grande amplitude.

L'énergie apte à ces fabrications comprendra une tranche de base constante de la moitié ou des deux tiers suivant les cas, à laquelle on superposera une tranche plus irrégulière.

Tout ce que nous venons d'exposer dans ces considérations techniques se rapporte principalement à la « qualité » de l'énergie, constante pour les fabrications dites rigides, très irrégulière pour les fabrications dites souples, peu régulière pour les fabrications semi-rigides.

Une autre considération d'ordre technique non moins importante, et qui est trop souvent négligée, peut amener à grouper des fabrications que rien n'oblige essentiellement à pratiquer dans le même établissement, mais dont cependant le groupement peut présenter de notables avantages, soit que les unes fournissent aux autres leurs matières premières, soit que certains sous-produits, gazeux le plus souvent, ou simplement des chaleurs perdues, puissent être engagés dans un autre cycle de fabrication, pratiqué dans le même établissement.

On arrive ainsi à grouper, à combiner certains cycles de fabrications connexes où les sous-produits excédents de l'un peuvent être utilisés par l'autre avec profit, à condition qu'ils soient voisins.

Les Russes, dans la plupart de leurs réalisations industrielles les plus récentes, se sont fréquemment inspirés d'une semblable considération, moins cependant sous son deuxième aspect que sous le premier.

L'électrochimie française, encore en ordre dispersé, se prête évidemment fort peu à semblable évolution. Elle n'est pas née d'emblée, comme l'industrie soviétique, sous la forme concentrée. L'exemple le plus frappant nous en est fourni par l'industrie de l'aluminium. Cette industrie a été pratiquée simultanément avant la guerre par quatre sociétés différentes. Chacune, voulant avoir son indépendance, avait donc ses fabriques de matières premières, c'est-à-dire une usine à électrodes, et une usine à alumine. Certaines usines, comme celle de Chedde, étaient à l'origine de petits centres combinés, groupant la fabrication principale, et les deux fabrications de préparation des matières premières. Mais la situation excentrée de cette usine la difficulté du transport, lui faisaient perdre tout le bénéfice du groupement.

La réunion de trois de ces sociétés en une seule devait laisser subsister, dans la même entreprise, des usines préparatoires similaires : trois usines à alumine, cinq usines à électrodes. La concentration sur le plan financier n'a pas réalisé la concentration sur le plan technique.

Le mouvement de concentration et de rationalisation dont nous venons d'exposer les principes, bien qu'il ait été préconisé il y a plusieurs années par certains représentants qualifiés de l'industrie, ne s'est pas encore dessiné. Les substitutions d'équipement qu'il suppose, faute d'avoir quelque raison de créer des équipements nouveaux, ne peuvent se faire du jour au lendemain.

Les propositions par lesquelles nous allons terminer cet exposé risquent donc fort de ne trouver qu'incrédulité dans les milieux industriels. Elles nous paraissent cependant pouvoir se prévaloir d'arguments économiques qui ne sont pas sans valeur. Nous ne nous dissimulons pas nous-même, d'ailleurs, que sous la forme schématique, dont nous devons nous contenter dans ce travail, elles ne peuvent être considérées autrement que comme le point de départ de nouvelles études, plus poussées dans le domaine économique et industriel.

§ 3. *Emplacement et monographie sommaire des centres d'utilisations proposés.*

a. Centre d'Orléans. — Ce centre situé à proximité du poste de Chaingy, serait alimenté par une double artère à 220.000 volts, pouvant véhiculer une puissance totale de 200.000 kw.

Sa puissance d'absorption devrait être en principe équivalente à la puissance de « creux » de cette double artère pour 2.000 à 3.000 heures.

Son emplacement géographique, au centre d'une région agricole particulièrement prospère, les voies ferrées ou fluviales qui le desservent, lui permettraient de recevoir ses matières premières ou d'expédier ses produits fabriqués avec des frais de transports réduits.

Quelles fabrications pourraient le mieux tirer parti des avantages de situation que nous venons d'énumérer ?

Le carbure de calcium et la cyanamide pourraient y être fabriqués, vraisemblablement avec autant de chances de succès qu'à Lens, où on parvient, grâce à des prix très favorables du coke et de la chaux, à utiliser de l'énergie comptée à 13 ou 14 centimes le kwh.

Le calcaire non magnésien qu'exige cette fabrication ne doit pas être rare dans le bassin parisien, et le coke des houillères du Nord pourrait être amené à pied d'œuvre par canaux ou voies ferrées dans de bonnes conditions. En revanche, l'énergie pourrait être livrée par le super-réseau, en raison des irrégularités de fourniture que peuvent accepter les fabrications semi-rigides, à des prix certainement très inférieurs à ceux pratiqués par les houillères du Nord et de l'Est pour des fabrications similaires.

Malheureusement, l'équipement français pour ces fabrications est vraiment par trop surabondant, pour que, dans les circonstances actuelles, on puisse retenir semblable projet.

On évalue en effet à 197.000 tonnes par an la capacité maximum de production des usines françaises de cyanamide, chiffre largement évalué et qui vraisemblablement suppose pendant toute l'année une marche correspondant à la période des hautes eaux.

En revanche, la consommation nationale de cet engrais se tient au voisinage de 45.000 tonnes. Le suréquipement actuel est donc de l'ordre de 200 % et est en partie la conséquence du très gros effort fait pendant la guerre pour développer cette fabrication qui fût pendant les deux dernières années des hostilités, notre source principale d'azote.

La situation est un peu différente pour les autres formes d'engrais azotés.

D'après M. Matignon ⁹ on peut ainsi comparer la capacité de production et la production effective des usines françaises avec la consommation nationale de l'azote-engrais sous ses deux formes ammoniacale et nitrique (la cyanamide étant exclue) :

	Campagne 1932-1933 (en tonnes d'azote)		
	Capacité de production	Production effective	Consommation nationale
Azote ammoniacal	191.000	79.500	86.150
Azote nitrique	38.500	21.800	67.350
Total :	229.500	101.300	153.500

Le suréquipement pour la forme ammoniacale serait donc de 140 % et pour la forme nitrique de 75 %.

Mais ces résultats doivent être interprétés.

En ce qui concerne l'azote ammoniacal, l'industrie française est très largement en mesure de satisfaire aux besoins du pays, sans faire appel à l'importation. La consommation a pu être supérieure à la production sur la campagne 1932-1933, simplement par le jeu des stocks.

En ce qui concerne l'azote nitrique, l'industrie française était à cette époque et est encore aujourd'hui hors d'état de pouvoir subvenir aux besoins nationaux ; le contingent importé pour cette campagne avait été environ le double de la production indigène. On peut s'étonner dans ces conditions qu'il y ait un si grand écart entre la capacité de production et la production réelle. Il y a deux raisons

9. Le développement de l'industrie des engrais azotés en France, Rapport au Congrès de Lille, septembre 1933.

à cela : d'une part, toute usine, aussi parfait que soit son fonctionnement, doit toujours avoir une fraction de son matériel de production en réserve, bien qu'elle intervienne pour le calcul de la capacité de production ; d'autre part, par suite d'une vieille habitude, les industriels ont toujours tendance à surestimer la puissance de leurs installations pour en imposer à leurs concurrents et obtenir une meilleure part, quand il y a à répartir un contingent de fabrication.

Nous admettrons donc que l'utilisation du matériel étant un peu meilleure qu'elle ne l'a été au cours de la campagne 1932-1933, la production effective puisse atteindre 70 % des capacités de production annoncées.

La capacité de transformation de nos usines nitriques était en 1934, de 60.000 tonnes ; si les programmes prévus se réalisent, elle doit atteindre, pour la prochaine campagne agricole (1934-1935), 89.000 tonnes, soit un peu moins du tiers de notre capacité de production totale en azote¹⁰.

La production effective, compte tenu d'un abattement de 30 %, devrait donc suffire sensiblement à nos besoins dès 1935, s'ils ne dépassent pas les chiffres atteints au cours de la campagne 1932-1933.

Notre consommation d'azote nitrique au cours de la campagne précédente (1931-1932) avait été de 74.000 tonnes. Ne devrait-elle pas se maintenir à ce chiffre ou même le dépasser en période prospère. Telle est l'opinion de M. le Professeur Matignon qui estimait en 1922, devant la Commission interministérielle des engrais que, pour augmenter convenablement ses rendements, notre agriculture devrait absorber annuellement au moins 200.000 tonnes d'azote. Au 3^e Congrès de Chimie industrielle, en 1924, après avoir repris d'une façon plus approfondie l'examen de la recherche de la quantité d'engrais azotés que peut absorber le sol français, M. Matignon, élargissant son programme concluait : « La discussion des chiffres précédents impose donc nettement cette conclusion, qu'un tonnage de 300.000 tonnes d'azote doit être considéré comme nécessaire aux besoins du sol français ».

10. *L'azote et les engrais nitriques en France*, Conférence faite le 25 février 1934, au Conservatoire national des Arts et Métiers par M. l'inspecteur général Lheure.

En conservant la part que la forme nitrique s'était attribuée en 1932-1933, c'est donc 130.000 tonnes d'azote nitrique que notre agriculture pourrait être appelée à absorber un jour.

Après ceux de l'agriculture, quels sont les besoins de la défense nationale ?

Nous n'avons pas de renseignements précis à ce sujet. La difficulté la plus sérieuse, et qui à elle seule rend toute prévision bien incertaine, est le danger d'occupation ou de destruction des usines du Nord et de l'Est. C'est pourquoi, à différentes reprises, les Pouvoirs Publics ont déclaré vouloir s'intéresser à la création de grandes usines situées au sud de Paris. Ces projets de collaboration directe sur le plan industriel n'ont pas eu de suite.

Par contre, cette politique d'encouragement de l'industrie nitrique s'est affirmée très nettement par les décrets de protection de mai 1931, dus à l'initiative de M. Tardieu, alors Ministre de l'Agriculture. Ces décrets organisaient le régime des licences d'importation pour limiter strictement aux quantités que ne serait pas en mesure de fournir l'industrie française, les contingents à importer. De plus, la différence entre le prix d'achat des nitrates importés et leur prix de vente sur le marché français était versée, par les soins du Comptoir français de l'azote chargé de ces opérations, dans une Caisse de compensation destinée à venir en aide à l'industrie nitrique, en retour de quoi une baisse importante était consentie sur le prix des engrais. Cette politique protectionniste a vivement stimulé les nouvelles installations d'oxydation nitrique de 1931 à 1933.

Enfin, pour accélérer le refoulement des produits étrangers, ce que les Pouvoirs Publics désiraient très vivement, l'industrie française se décida à installer la fabrication du nitrate de soude synthétique, qui n'exigeait pas de l'agriculteur français une adaptation préalable, forcément longue pour l'amener à remplacer le vieux nitrate du Chili, par les engrais nitro-calciques et nitro-ammoniques, qui constituent des formes d'engrais nitriques de fabrication beaucoup moins onéreuse que le nitrate de soude synthétique. Pour des produits cotant actuellement 87 fr. les 100 kg.

pour 15, 5 % d'azote, la différence est de 15 fr. C'était pour les industriels un sacrifice important, que les indemnités alloués par la Caisse de compensation compensaient en partie.

Cette politique protectionniste a subi, au cours de la campagne 1933-1934, un revirement inattendu.

Tout d'abord, les ressources de la Caisse de Compensation furent détournées de leur destination primitive et attribuées à la défense du marché du blé, mesure suivie peu de temps après par une baisse de 6 % appliquée en février à tous les engrais. En outre, les contingents d'importation furent augmentés au-delà des prévisions du Comptoir de l'azote, ce qui ne pouvait qu'accroître les ressources employées à la défense du marché du blé, mais ne faisait guère l'affaire de l'industrie nitrique. En fait, le Comptoir français de l'azote dût, à la suite de ces mesures, demander aux industriels français de restreindre leur production dont il ne pouvait plus assurer le placement en totalité¹⁰.

Une politique aussi incohérente peut inciter à la prudence, mais non pas à l'inaction.

Les industriels français reconnaissent eux-mêmes qu'à égalité de teneur en azote, le nitrate de soude synthétique leur coûte beaucoup plus cher, 15 fr. de plus par sac, estime-t-on, que les formes nitro-calciques ou ammoniaco-nitriques. On le comprend aisément puisque, dans le premier cas, il faut saturer l'acide nitrique non pas par un produit tiré du sol, le calcaire, mais par un produit de l'industrie chimique, le carbonate de soude.

Mais le nitrate de soude, même synthétique, a la même apparence, la même présentation que le nitrate du Chili, auquel le paysan français est habitué depuis longtemps. C'est un substitué direct. Les autres engrais nitrés, de prix identique, à égalité de teneur en azote, se heurtent à des habitudes acquises, qu'ils ne pourront vaincre qu'au prix d'une réadaptation de longue haleine. Les prix, quelle que soit la forme adoptée, étant fixés à l'unité d'azote, il n'est pas possible d'établir officiellement tout au moins, une

¹⁰ M. l'Inspecteur général Lheure, *op. cit.*

différenciation commerciale qui pourrait aider cette adaptation.

Il appartient aux industriels français, au fur et à mesure des résultats obtenus, pour étendre l'emploi des formes nitro-calcaïque et ammoniaco-nitrique, d'abandonner petit à petit la fabrication du nitrate de soude synthétique, qui, de leur propre aveu leur coûte trop cher. Ce ne pourrait être en tout cas une considération à retenir, pour maintenir à perpétuité, entre les prix français et les prix mondiaux, un écart que l'agriculture française est légitimement soucieuse de voir réduire.

L'industrie nitrique doit être protégée, et il est à cet égard regrettable que, pour parer au plus pressé, la défense du marché du blé, cette protection ait fléchi. Mais, à l'abri de cette protection, elle ne doit pas rester inerte. A une solution provisoire, mais onéreuse, la fabrication du nitrate de soude synthétique à partir du carbonate de soude, il lui appartient de substituer une solution plus définitive, soit par le moyen d'un procédé de fabrication du nitrate de soude moins onéreux, qui est encore à trouver ¹¹ soit par la fabrication des engrais nitro-calcaïques ou ammoniaco-nitriques qui est actuellement tout à fait au point.

Nous avons été amené, pour trouver une justification économique à nos propositions, à exposer brièvement en quels termes se pose à l'industrie française le problème de l'azote, à la suite de la politique économique suivie en ces dernières années.

Il semble que l'équipement de notre industrie nitrique ne soit pas encore définitif et doive évoluer, s'accroître encore pour ne plus être en état d'infériorité vis-à-vis de la concurrence étrangère, et parvenir à se passer de protection douanière.

La création d'une usine nitrique de 20.000 t. de capacité, sous la forme d'engrais nitro-calcaïques ou ammoniaco-nitriques, répondrait à la fois aux nécessités de la défense

11. Le brevet français n° 767.970 (demandé le 21 avril 1933, accordé le 7 mai 1934) indique bien le principe d'un procédé de fabrication directe des nitrates alcalins à partir de leurs chlorures, mais les problèmes qu'il soulève demanderaient une expérimentation préalable qui n'a pas encore été tentée

ationale et aux besoins probables sinon immédiats de l'agriculture française.

Le principe étant admis, sera-ce une usine tirant la substance de ses produits des ressources du sous-sol, installée sur le carreau des mines, dans une région exposée à l'invasion ? Sera-ce, au contraire, une usine concourant par son activité même à la mise en valeur de notre domaine hydro-électrique et située dans une régions moins exposée, à Orléans, ou au cœur du Massif Central.

La réponse pour nous n'est pas douteuse.

Les procédés de fabrication de l'ammoniaque de synthèse dont on tire ensuite par oxydation catalytique, l'azote nitrique, utilisent tous comme support provisoire de l'azote, l'hydrogène.

Cet hydrogène peut être préparé, soit à partir des gaz de fours à coke ou du gaz de gazogènes, en définitive à partir de la houille noire, soit par électrolyse de l'eau, en définitive, à partir de la houille blanche.

La thèse que nous avons soutenue tout au long de ce travail devait tout naturellement nous conduire à préconiser le second procédé.

Il n'est pratiqué en France sur une échelle importante, que par la Société des Phosphates tunisiens, des engrais et produits chimiques, dans ses usines des Pyrénées.

Il a pour lui une grande simplicité de principe et de conduite, et de plus, peut se contenter d'énergie extrêmement irrégulière, dont le prix, pour qu'elle puisse lutter avec les procédés tirant l'hydrogène de la houille, ne doit pas dépasser 0, 05 le kwh. C'est essentiellement une fabrication souple.

Une étude plus poussée que nous ne pouvons entreprendre ici, devrait avoir pour point de départ concret le diagramme d'utilisation de l'artère à 220.000 v. dont il s'agit d'utiliser les creux, et le diagramme général des excédents du réseau.

Elle comporterait ensuite, et c'est là toute la difficulté du problème dont la solution n'est pas du tout évidente *a priori*, une étude des investissements de l'usine à ammoniaque (matériel de fabrication, réserves gazométriques, réservoirs de stockage de l'ammoniaque), dont l'import-

tance dépendra précisément de l'irrégularité de l'énergie à utiliser. L'avantage à attendre d'un prix bas de l'énergie est donc en partie compensé par des charges financières plus élevées que pour une usine à marche régulière. Il ne faut pas qu'il soit annulé, sans quoi la solution n'a plus d'intérêt. Quant aux investissements de l'usine nitrique proprement dite, ils seraient normaux, puisque, grâce au stockage de l'ammoniaque, sa capacité de production pourrait être régulièrement répartie.

Nous pouvons toutefois ajouter quelques données précises de source industrielle, qui permettent d'évaluer avec assez de certitude le coût de production.

Le procédé de synthèse Casale, avec des tubes de catalyse du type le plus récent, sans chauffage auxiliaire, permet d'obtenir le kilogramme d'ammoniaque avec 14 kwh, soit 17 kwh pour 1 kg d'azote ammoniacal.

La transformation nitrique, avec les rendements obtenus par les installations d'oxydation et d'absorption les plus modernes, qui atteignent 92 % restitue donc le kilogramme d'azote nitrique, sous la forme d'engrais utilisable avec

une dépense de $\frac{17}{0,92} = 18,5$ kwh.

Les frais d'exploitation de toute nature et frais généraux peuvent être évalués à 0,37 par kilogramme d'azote ammoniacal, qui, lorsque l'azote est parvenu à la forme nitrique,

deviennent $\frac{0,37}{0,92} = 0,40$.

Les frais d'exploitation propres à la transformation nitrique et les frais du support basique (calcaire) peuvent être évalués à 0,54 par kilogramme d'azote nitrique; les frais d'emballage et de stockage à 7,50 par sac d'engrais de 100 kg.

Le prix de revient du nitrate de chaux ammoniacal (15,5 pour cent d'azote dont 14,75 d'azote nitrique et 0,75 d'azote ammoniacal) type d'engrais qui a la même teneur en azote total que le nitrate du Chili, peut donc s'évaluer comme suit, en comptant l'énergie à un prix moyen de 0,05 le kwh.

Pour 14.75 kg d'azote nitrique, il faut :	
Energie : $18,5 \times 14,75 \times 0,05$	Fr. 13, 60
Frais d'exploitation propres à la synthèse ammoniacale : $0,4 \times 14,75$	— 5, 90
Frais d'exploitation propres à la transformation nitrique et frais du support : $0,54 \times 14,75$	— 7, 95
Pour 0,75 kg d'azote ammoniacal, il faut :	
Energie : $17 \times 0,75 \times 0,05 =$	— 0, 65
Frais d'exploitation propres à la synthèse ammoniacale : $0,4 \times 0,75 =$	— 0, 30
Prix des 100 kg d'engrais nu :	28, 40
Emballage et mise en stock	7, 50
	35, 90

soit en chiffres ronds 36 francs par sac d'engrais sur stock.

Il faut y ajouter les frais de vente (mise sur wagon, commission, courtage, etc..) qui atteignent près de 5 fr., et les frais de transport qui dépendent de la destination. Ces frais de transport atteignent, pour 500 km., 8,80 par sac, chiffre qui demeure constant pour les distances supérieures.

Une usine située dans la région d'Orléans pourrait atteindre la presque totalité du territoire avec des distances de transport inférieures à 500 km. Son prix de transport moyen devrait être de l'ordre de 5 francs ¹².

Le prix de revient à destination s'établirait ainsi à 46 fr. Or ce type d'engrais cotait en février 1934, de 84, 50 à 87 francs, suivant destination. La marge paraît suffisante pour laisser place à de confortables amortissements et à un bénéfice industriel intéressant.

Le prix de revient détaillé que nous donnons ci-dessus permet de calculer aisément l'incidence du prix de l'énergie. Pour toute variation de 1 centime du prix du kwh, le coût de production par sac varie de 2,85.

Il ne faut pas se dissimuler cependant que ce prix de revient, calculé de près, tient compte des perfectionnements

12. Les 28 départements du Centre et de la Bretagne entourant Orléans ont consommé en 1931-1932, 52.089 tonnes de nitrate de chaux, soit 52 % de la consommation nationale qui avait été de 100.687 tonnes. La consommation moyenne par département pour cette région avait été de 1.860 T au lieu de 1.160 T. par département pour l'ensemble du territoire. Pour la campagne 1932-1933, le seul département du Loiret se classait 6^e avec 4.331 tonnes d'azote, devancé par les cinq départements du Nord, du Pas-de-Calais de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise.

techniques les plus récents. Toutes les usines françaises n'en sont pas pourvues, et leur prix de revient, toutes choses égales d'ailleurs, est donc supérieur.

L'usine nitrique type que nous proposons absorberait, pour une production annuelle de 20.000 tonnes d'azote, environ 370 millions de kwh. Sa production serait de 130.000 tonnes d'engrais du type à 15, 5 pour cent d'azote pris comme exemple. La puissance de ses installations d'électrolyse et de sythèse ne pourrait être déterminée qu'en considération du diagramme d'utilisation de la ligne à 220.000 volts qui devrait l'alimenter.

b. Centre de Marseille. — Ce deuxième centre, situé sur l'étang de Berre, ou en un point de la basse vallée du Rhône, si l'aménagement de la navigation sur ce fleuve était réalisé, serait destiné à drainer les excédents de la région pyrénéenne, et de la partie sud des régions des Alpes et du Massif Central.

Tourné vers la mer et situé dans une région qui, si l'on y joint ses confins immédiats, est mi-agricole, mi-industrielle, l'établissement de son programme de fabrication aurait à tenir compte de considérations économiques et techniques toutes différentes. Bien des formules pourraient être proposées

Le centre d'utilisation que nous venons d'étudier était une entreprise monomorphe, fabriquant un seul produit en grande masse, suivant un cycle de fabrication relativement complexe mais unique et se contentant d'un régime de puissance essentiellement souple.

Pour montrer toute la variété des combinaisons qui peuvent être proposées, nous allons étudier, pour ce deuxième centre d'utilisation, un type d'entreprise polymorphe groupant plusieurs cycles de fabrication, conformes aux aptitudes économiques de la région. Chacun de ces cycles aura, au regard de la régularité de la puissance absorbée, des exigences différentes : l'un appartiendra à la catégorie des fabrications rigides, l'autre des fabrications semi-rigides, le troisième à celle des fabrications souples. Les prix de l'énergie pratiqués seront bien entendu en raison directe des exigences de chacun de ces trois groupes de consommateurs. Enfin, ces groupes auront entre eux des

points de contact, les produits ou sous-produits de l'un devenant matière première d'un des autres. Les trois cycles deviennent solidaires au point de vue industriel, ce qui ne fait qu'accroître la difficulté pour équilibrer leur programme de fabrication. L'ensemble est un centre combiné, (en U.R.S.S. un « Kombinat »).

Toutes les fabrications que nous allons être amené à proposer sont déjà pratiquées en France, et ont à pâtir de la crise économique. Leurs possibilités d'extension ne pourraient avoir qu'à gagner bien entendu à une reprise de l'activité économique générale ; elles seront aussi fonction, ce n'est pas douteux, des perfectionnements techniques dont ces fabrications pourraient être dotées et de l'abaissement des prix qui devrait en être la conséquence.

1^{er} cycle. — *Fabrication de l'aluminium.* — C'est une fabrication essentiellement rigide qui ne peut s'accommoder que d'une puissance électrique constante. Sa puissance absorbée sera donc placée à la base du diagramme pour un prix de l'ordre de 0,10 le kwh.

Cette fabrication tire sa matière première principale, la bauxite, des gisements très abondants que notre pays possède sur le pourtour du bassin méditerranéen, principalement dans le Var et l'Hérault.

Les arrivages de bauxites, tout au moins pour les gisements du Var qui sont côtiers pour la plupart, pourraient se faire par cabotage.

Actuellement, ces bauxites sont expédiées dans diverses usines du Midi de la France, à Salindres (Gard), la Barasse et Gardanne (Bouches-du-Rhône), Saint-Auban (Basses-Alpes). L'alumine qui en est extraite, à raison d'une tonne d'alumine pour deux tonnes de bauxite environ, est ensuite distribuée par transport ferré dans les usines de fabrication des Alpes et des Pyrénées, où elle subit pour donner l'aluminium, une nouvelle réduction en poids dans le rapport de 2 à 1.

La transformation sur place de la bauxite en alumine, et de l'alumine en aluminium, éviterait donc toute une série de transports onéreux, sans pour cela allonger les distances de transport du métal fabriqué, puisqu'il s'agit dans l'un et l'autre cas, de situations périphériques. Enfin,

la suppression de la mise en sac et du transport à longue distance de l'alumine, matière très fine, fluente et de plus coûteuse, puisqu'elle représente 40 à 45 % du prix de revient du métal brut, serait, en raison des pertes et des frais d'emballage évités, la source d'économies non négligeables.

Les autres matières premières sont presque toutes d'origine étrangère et, par conséquent, devant nécessairement arriver par un port, gagneraient à y être traitées sur place, pour économiser les transports par fer jusqu'aux usines de fabrication. C'est le cas de la cryolithe naturelle venue du Groënland, dont l'industrie française s'efforce de se passer en la remplaçant par de la cryolithe artificielle fabriquée en France; du coke de pétrole ou du coke de brai étranger qui constituent la matière première de base des anodes oxydables employées dans l'opération d'électrolyse. Seul, l'agglomérant servant à la fabrication de ces électrodes, le brai gras, mais qui intervient pour fort peu, dans le prix de revient, est d'origine française.

L'alumine, matière première principale, est fabriquée en France, par le procédé Baeyer, procédé onéreux, qui exige 4 à 5 tonnes de combustible par tonne. D'autres procédés au four électrique ont été proposés. L'un, le procédé à l'aluminate de chaux, est employé avec succès à l'usine d'aluminium russe, mise en route il y a quelques mois, à Kitchkass, sur le Dniepr

2^e cycle. Fabrication de l'alumine, éventuellement de l'acide phosphorique.

Ce serait le groupe des fabrications semi-rigides, pouvant se contenter d'une énergie un peu irrégulière, donc à moindre prix.

Suivant l'idée directrice de ce travail, qui vise à pousser au maximum l'utilisation de nos richesses hydrauliques en ménageant nos réserves charbonnières, l'alumine serait fabriquée au four électrique, au lieu de l'être par un procédé carbothermique.

Il en existe de nombreux procédés dont peu ont été l'objet d'une consécration industrielle.

En s'en tenant aux méthodes de fusion affinante de la bauxite, ou autres minerais aluminifères, avec ou sans ad-

dition de fondant, on peut citer le procédé à l'aluminate de chaux dont nous venons de parler. Le fondant ajouté est la chaux. On arriverait ainsi à extraire 95 % de l'alumine.

Un procédé japonais de la Société Hojin Rikayaku Kenkynyo¹ se propose de réduire directement la bauxite sans pousser trop loin l'affinage, pour éviter les pertes de matière consécutives à l'allure très chaude de fin d'opération. Mais il faut purifier ensuite le corindon impur obtenu dans un courant de chlore à la température de 450°.

Le fondant peut être également un phosphate naturel, mais alors la fusion affinante de la bauxite n'est plus l'opération principale, mais l'opération accessoire.

L'opération principale devient la réduction du phosphate de chaux pour en extraire l'acide phosphorique, ce qui, pour ne pas nuire au rendement-matière, exclut l'emploi de bauxites ferrugineuses à cause de l'affinité du phosphore pour le fer. Les procédés préconisés par la I.G. Farbenindustrie tournent la difficulté, dans le brevet français, n° 647.567, en traitant un mélange de phosphate du Maroc, de kaolin et de charbon; dans le brevet n° 650.412, en faisant subir à la bauxite une fusion affinante préalable, uniquement pour la débarrasser de son fer. On pourrait également songer pour cette purification, à un traitement chlorurant utilisant le chlore dont ne savent que faire les usines à soude.

Actuellement, dans le procédé Swann de la Federal Phosphorus Cy, exploité à l'usine de Pierrefitte (Htes-Pyrénées) de la Société des phosphates tunisiens, la réduction du phosphate s'opère à l'aide d'un mélange de coke et de quartz. Mais le laitier obtenu, en quantité quatre à cinq fois plus grande que le produit principal, est sans valeur et doit être rejeté. De plus, il est assez décevant pour une opération qui est en principe exothermique de dépenser 7.500 kwh par tonne d'anhydride phosphorique obtenu.

La fabrication de l'acide phosphorique au four électrique, et celle du diphosphate d'ammoniaque qui en est la suite, ont exigé une mise au point laborieuse; c'est aujourd'hui chose faite. Ce procédé cessera d'être aussi ingrat qu'il

13. Brevet français n° 637.879 du 18 juillet 1927.

l'est actuellement au point de vue économique, le jour où un progrès décisif aura été accompli pour tirer parti des chaleurs perdues et pour « valoriser » le laitier.

Une formule de laitier à l'aluminate de chaux traité à l'acide nitrique issu d'un autre cycle, permettrait d'obtenir à la fois de l'alumine, passant au cycle précédent, et le support gratuit du nitrate de chaux. On aperçoit la variété des combinaisons qui peuvent être envisagées et le parti qu'on en peut tirer.

L'emplacement proposé pour une fabrication de ce genre permettrait de recevoir directement par mer les phosphates nord-africains.

Le phosphate d'ammoniaque-engrais, qui est le but principal de cette fabrication, est un engrais très riche contenant 51 % de P_2O_5 et 20 % d'azote ammoniacal. Il contient donc la même quantité d'éléments fertilisants qu'un sac de sulfate d'ammoniaque et 3,5 sacs de superphosphate. La position excentrée de l'usine de fabrication a donc beaucoup moins d'importance en ce qui concerne les frais de transport.

Cet engrais n'a actuellement qu'un débouché restreint bien que les éléments fertilisants y aient le même prix que dans les engrais simples correspondants. Les deux usines françaises qui le fabriquent, l'une dans les Pyrénées, l'autre à Rouen, par un procédé chimique, suffisent largement à tous les besoins.

Il n'est pas néanmoins interdit de penser que ce nouveau venu parviendra à se tailler une place plus brillante, surtout si l'acide phosphorique reprend comme élément fertilisant la faveur qu'il a perdue depuis vingt ans, au bénéfice de l'azote et de la potasse¹⁴.

3^e cycle. — *Fabrication du chlorate de soude avec récupération de l'hydrogène.*

C'est essentiellement une fabrication souple. Elle peut donc se contenter d'énergie résiduelle à très bas prix.

Son emplacement dans la région de Marseille serait tout indiqué pour lui permettre de recevoir à moindres frais, le

14. *Bulletin des Engrais*, 25 novembre 1933, p. 525.

chlorure de sodium des marais salants de Camargue, qui est la matière première essentielle.

C'est une fabrication très rémunératrice. En employant de l'énergie à 0,05 le kwh, le prix de revient en usine est un peu inférieur au tiers des cours actuels ; l'incidence du prix de l'énergie est à la tonne de 70 fr. environ par centime de variation du prix du kwh.

Vivement concurrencé sur les marchés extérieurs, ce qui ne lui est pas particulier, ce produit a pu trouver depuis la guerre sur le marché national, un débouché nouveau intéressant, grâce à son application au désherbage. Tout le monde sait qu'il est utilisé dans la fabrication de la cheddite. De plus, le perchlorate d'ammoniaque qu'on en peut tirer par une fabrication annexe, a servi pendant la guerre à fabriquer un explosif, le 86/14, employé pendant quelques mois pour suppléer la mélinite dont la fabrication était insuffisante, puis utilisé dans la suite pour le chargement des bombes d'avion.

Cette fabrication jointe à celle de l'aluminium du premier cycle, formerait donc un centre de fabrication de guerre important.

Nous l'avons placée dans un cycle connexe du précédent, parce qu'il est possible de récupérer l'hydrogène qui se dégage des bacs d'électrolyse pour l'utiliser à la fabrication de l'ammoniaque synthétique, qui, dans la combinaison envisagée, serait utilisée à la fabrication du phosphate d'ammoniaque. Ce n'est pas une opération très aisée, car, dans cette fabrication, l'hydrogène résiduel est souillé d'un peu de chlore et d'oxygène dont il faut au préalable se débarrasser. Plusieurs méthodes sont d'ailleurs possibles, et des recherches sont entreprises pour leur mise au point.

Cette récupération n'a jamais été réalisée industriellement car la fabrication du chlorate de soude, comme celle de l'aluminium, est dispersée dans plusieurs usines fabriquant de 20 à 30 tonnes par jour. Or, on pourrait obtenir avec cet hydrogène de récupération environ 1 tonne d'ammoniaque pour 5 tonnes de chlorate de soude, c'est-à-dire 4 à 6 tonnes par jour dans les usines actuelles. Ce sont de bien petites quantités pour songer à une installation de synthèse. Une telle installation ne pourrait être économis

quement réalisée que pour une usine fabriquant au moins 60 tonnes de chlorate par jour.

Dans ces conditions, le prix du kilogramme d'ammoniaque pour un atelier de synthèse fabriquant 12 tonnes par jour, mais n'ayant pas à payer son hydrogène, serait de l'ordre de 0,75, la fabrication du chlorate de soude étant suffisamment rémunératrice pour pouvoir le donner gratuitement.

Cet exposé sommaire est suffisant pour montrer l'intérêt du groupement de fabrications que nous proposons pour le centre d'utilisation de Marseille. Notre souci a été de réunir des fabrications différentes quant à leurs aptitudes à l'utilisation de l'énergie, mais présentant néanmoins des liens qui justifient leur groupement dans un même centre. Enfin, toutes bénéficieraient dans cette région de conditions de transport particulièrement favorables.

Il y a cependant un revers à cette médaille. Cette solidarité étroite, indispensable pour obtenir un bon rendement de l'ensemble suppose une exacte correspondance des programmes de fabrication, que les nécessités économiques viendront de temps à autre bousculer. Mais on peut dans une certaine mesure obvier à ce défaut, en créant entre les différents cycles des moyens de stockage donnant à l'ensemble une souplesse suffisante.

CONCLUSIONS

Particularités de la technique capitaliste dans la création des nouveaux aménagements hydro-électriques

Le grand fait qui domine actuellement le problème économique de la mise en valeur de nos richesses hydrauliques est l'existence d'un état latent de surproduction, d'une possibilité de surproduction si l'on préfère, amorcé depuis 1931 et qui va se poursuivre vraisemblablement jusqu'en 1938.

Ce fait a eu pour conséquence l'arrêt des nouveaux équipements, en attendant que disparaisse la menace de surproduction actuelle. Ces nouveaux équipements seront repris un jour, à une cadence que l'on ignore, sans que l'on puisse savoir à l'avance si, à l'époque où ils seront achevés une nouvelle menace de surproduction n'apparaîtra pas.

Ce schéma est tout à fait conforme au schéma général des crises de surproduction, tel que le décrivait déjà M. Aftalion dans son ouvrage en 1913¹.

M. Aftalion mettait en vive lumière cette particularité de la technique capitaliste, « le long temps nécessaire à la fabrication des capitaux fixes », qui la différencie si profondément de la technique artisanale. Avant d'arriver à la production des biens de consommation, il faut créer au moins une et parfois plusieurs couches de capitaux fixes.

M. Aftalion observait notamment pour les chemins de fer un retard moyen de deux années entre le rythme du matériel mis en service et le rythme des commandes.

« C'est aux conditions établies par la technique capitaliste de la production qu'il faut attribuer la grande diffi-

1. Aftalion, *Crises périodiques de surproduction*, Marcel Rivière, 1913, p. 117, t. II.

culté d'échapper à l'erreur. C'est cette technique qui doit porter la responsabilité de la survenance de la surproduction »².

« Tant qu'on produisait directement et immédiatement les objets de consommation requis, cycles et crises périodiques restaient inconnus. Ce qui a amené les crises périodiques, ce qui oblige à produire pour le futur, à prévoir le besoin futur et incite à des erreurs rythmiques dans les prévisions, c'est la technique capitaliste, la fabrication moderne au moyen d'un outillage puissant, le long temps nécessaire à la construction de cet outillage »³.

Cette particularité de la technique capitaliste, dans laquelle M. Aftalion voit une cause profonde des crises périodiques de surproduction, s'observe dans la matière de notre étude avec une netteté singulière qui en amplifie les effets.

La longueur du processus de formation des capitaux fixes s'accuse ici plus que partout ailleurs peut-être, puisque, dans l'état actuel des moyens matériels qui peuvent être mis en œuvre, de par la nature même des travaux à exécuter et l'hostilité des forces naturelles dont il faut triompher, on doit compter une moyenne de quatre années entre le moment où les premiers investissements sont effectués et celui où l'outillage de production ainsi créé peut entrer en activité.

Plus encore que partout ailleurs également, le caractère durable de cet outillage de production s'affirme pour les aménagements hydrauliques, en raison de leur pérennité même, grâce à laquelle leur puissance économique peut se maintenir intacte pendant de longues années.

Alors que, pour les autres branches de la production, les outillages s'usent, vieillissent, souvent même avec une grande rapidité, et s'effacent en quelque sorte devant les outillages nouveaux, les outillages anciens conservent ici la totalité de leur valeur économique, et, lorsqu'ils sont allégés de leurs charges financières, constituent au contraire, pour les outillages nouveaux, des concurrents qui pourraient être redoutables.

2. M. Aftalion, *op. cit.*, p. 359.

3. M. Aftalion, *op. cit.*, p. 404.

Ainsi, l'état de surproduction fera sentir ses effets pendant la période de dépression, non seulement à raison des outillages de production nouveaux comme partout ailleurs, mais également des outillages anciens. La persistance de ces outillages anciens, qui, pendant la période de prospérité, est une source de larges profits industriels par suite des rentes économiques dont ils bénéficient, est de nature à aggraver le malaise pendant la période de dépression, s'ils sont maintenus en activité.

Fort heureusement, l'organisation même des entreprises atténue grandement les effets de cette survivance, car le plus souvent, outillages anciens et outillages nouveaux sont entre les mêmes mains ; les outillages anciens servent ainsi de tuteurs économiques aux outillages nouveaux.

Cet effet, néfaste partout ailleurs, du chevauchement des outillages anciens et des outillages nouveaux, peut plus difficilement s'exercer dans le domaine hydro-électrique, car les producteurs ne peuvent avoir la tentation, comme dans les autres branches de production de biens de consommation, de produire pour stocker. Il ne peut donc y avoir ici de mouvements désordonnés des prix, lorsque sont jetées sur le marché les quantités fabriquées inconsiderément, sans qu'il y ait un besoin immédiat à satisfaire, mais simplement dans le but de maintenir en état d'activité l'outillage de production, en dépit des circonstances défavorables. Le producteur d'électricité est obligé d'être sage, car il est aux ordres du consommateur. Il n'est cependant pas complètement à sa merci, car il réussira le plus souvent à le faire contribuer à couvrir une partie de ses charges financières par le jeu des minima de consommation, même si ledit consommateur n'a aucun besoin à satisfaire.

Un autre caractère de la production capitaliste qui, ainsi que le fait remarquer M. Aftalion, est en apparence antithétique avec le précédent, la longueur du temps de formation des capitaux fixes, c'est la grande rapidité du processus de production lui-même dès lors que ces capitaux fixes, une fois créés, entrent en scène. Ce caractère peut difficilement être plus accusé qu'il ne l'est en matière de production d'électricité, plus encore lorsqu'il s'agit d'éner-

gie hydraulique : un volant à tourner, un interrupteur à fermer, quelques manœuvres simples, et le processus de production est en action.

La technique capitaliste, si accusée dans notre matière, est donc par ses deux faces inapte à toute adaptation rapide de la production aux besoins, aussi bien par la longueur du temps de formation des capitaux fixes, que par la rapidité du processus de production qui en est la conséquence, car créer des capitaux fixes, c'est accumuler de la puissance de produire dont il arrive ensuite que le directeur de la production n'est plus maître de régler les effets.

*
* *

De quels moyens peut-on disposer dans le domaine hydro-électrique, pour tenter de modeler tant bien que mal le rythme des aménagements nouveaux sur celui de la consommation, et corriger, dans une certaine mesure, les effets de la technique capitaliste ?

Notons tout d'abord que, contrairement à ce qui se passe dans la plupart des autres branches de la production, le jeu des prix n'est pas ici d'un grand secours.

Ordinairement, au cours d'un cycle complet prospérité-dépression, l'intersection de la courbe du coût de production et de la courbe du prix de vente, se produit un peu après le commencement de la phase dépressive et indique, trop tard pour qu'il y soit porté un prompt remède, mais indique tout de même, ou plus exactement constate, l'état de fait du suréquipement (ou de surcapitalisation disent certains auteurs).

Pendant la phase progressive, il y a un retard marqué du coût de production sur le prix de vente. La marge bénéficiaire qui en résulte incite à créer des équipements nouveaux. Le coût de production commence à baisser, mais le prix de vente va baisser lui aussi dès qu'interviennent les nouveaux équipements dont la période d'achèvement déborde largement sur la phase dépressive. L'intervention des producteurs retardataires accentue le mouvement. La marge bénéficiaire s'amenuise, en dépit des efforts que font les producteurs pour diminuer le coût de produc-

tion, le résultat le plus clair de ces efforts étant de déclancher le phénomène de surproduction. On décide de ne plus équiper, mais la réaction est plus ou moins prompte suivant que les dirigeants de la production sont plus ou moins optimistes ou plus au moins bien informés. Cet arrêt des équipements entraîne une diminution du pouvoir d'achat de la masse, donc diminution de la demande qui, agissant dans le même sens que l'augmentation de l'offre, consécutive au début du phénomène de surproduction, accentue la baisse du prix de vente, d'où finalement disparition de la marge bénéficiaire. La crise générale de surproduction est ouverte.

Dans le domaine de la production de l'énergie électrique, rien de tout cela. Il n'y a pas de mouvement périodique des prix, par suite des variations de la production et de l'offre des marchandises. L'intensité du besoin social n'est pas décelée par les prix, pas plus dans la période de prospérité que dans la période de dépression, ou ne le sera que très indirectement, d'une façon détournée peu visible aux yeux des directeurs de la production.

Certains besoins de consommation d'origine industrielle sont certes beaucoup plus sensibles aux prix que les besoins de consommation correspondant à l'éclairage et aux applications domestiques. Mais l'influence propre du prix de l'électricité ne se révèle que pour provoquer de nouvelles consommations durables, et non pas éphémères, car l'usage de l'électricité suppose, pour le consommateur industriel, la création préalable de petits capitaux fixes (compteurs, installations intérieures, moteurs, etc...) à laquelle il ne se résoudra qu'après un débat sur les prix. Mais cette mise de fonds une fois faite, ce ne sont plus les prix de l'électricité qui influenceront sur la consommation, mais les prix du marché auquel le consommateur industriel d'électricité a affaire en temps que producteur. Le niveau de ces prix l'engagera à produire ou à s'abstenir de produire, et par là à consommer ou à ne pas consommer d'électricité, sans que le prix de l'électricité y soit pour quelque chose, du moins dans un état donné de la technique des différents modes de production de force motrice dont il peut être fait usage.

On chercherait du reste en vain dans le prix de l'élec-

tricité l'allure cyclique que l'on retrouve dans la plupart des prix des marchandises, et notamment dans le prix des métaux.

Le prix de vente est très étroitement réglementé et seuls les ajustements indiciaires du terme correctif, qui dépendent de deux éléments (salaires et charbon) soumis eux-mêmes aux variations cycliques pourraient introduire dans le prix cette allure cyclique. Mais précisément, pour que ces prix soient stables, ou tout au moins peu mobiles, ce que les producteurs désirent, on fait en sorte que ce terme correctif soit très petit, afin que les variations du terme correctif se traduisent par des oscillations de très faible amplitude autour du prix de base constant.

De même, le coût de production de l'énergie hydro-électrique, dont l'élément principal est purement financier, ne pourrait que subir les variations cycliques très lentes du loyer de l'argent à long terme, et pour la faible partie qui les concerne, les variations cycliques des frais d'exploitation. Mais, ces deux mouvements sont absorbés par le mouvement d'abord ascendant créé par le rendement décroissant, puis par un mouvement descendant au fur et à mesure que disparaîtront les charges financières par le jeu des amortissements industriels. Le coût résiduel, lorsqu'auront disparu les charges financières, aura une allure cyclique, mais étant très petit, il ne restera pas à l'état pur et sera grevé très certainement de droits domaniaux qui lui enlèveront son caractère.

Ainsi privé de la boussole des prix, quel indice servira de guide au producteur d'énergie hydro-électrique pour régler le rythme des nouveaux équipements.

Sa tâche apparaît singulièrement plus difficile qu'aux directeurs des autres branches de la production. Que peut-il faire, sinon pour faire disparaître ces difficultés, ce qui est impossible, puisqu'elles résident dans le principe même de la technique capitaliste, tout au moins pour les atténuer ?

Les enseignements de la dernière période décennale, et les traits particuliers de la technique capitaliste, appliquée à ce domaine de la production, que nous avons soulignés, peuvent suggérer quelques principes.

Les techniciens, et beaucoup jugent que cela est tout à

fait possible, doivent d'abord s'ingénier à abréger la durée des aménagements.

D'autre part, l'organisme de centralisation des besoins et des moyens de production que constitue le superréseau national tendra de plus en plus, au fur et à mesure de son extension et de sa mise au point, au point de vue économique, à faire du marché de l'électricité un marché unique, se rapprochant d'un marché idéal. Il est de l'intérêt des producteurs de faciliter cette extension et cette mise au point. Ils n'y manquent d'ailleurs pas. Le rythme scalaire discontinu des nouveaux équipements, sera ainsi grandement atténué, et le placement de chaque nouvelle tranche d'énergie produite, facilité par le groupement des besoins.

Il appartient également aux producteurs de faciliter par des ententes industrielles la création de centres d'utilisation, tels que les centres électrochimiques, que nous avons décrits à titre d'exemple, de façon à ajouter à la gamme des besoins à satisfaire une nouvelle catégorie de besoins industriels pouvant, dans une certaine mesure, servir de régulateur à la production.

Enfin, si le producteur doit choisir entre le risque de sous-équipement et le risque de suréquipement, c'est plutôt le second qu'il doit préférer, à condition bien entendu que ce suréquipement soit modéré.

La création de nouveaux équipements hydro-électriques présente en effet cette particularité, qu'elle doit précéder le plus souvent d'autres équipements en cascade, avant de voir de véritables besoins de consommation se manifester. Lorsque ces besoins de consommation se manifestent, le producteur d'énergie hydro-électrique doit être prêt à les satisfaire sur l'heure. Sinon, s'il doit mettre en branle l'appareil compliqué et lent de sa technique capitaliste, il arrivera trop tard. Les nouveaux besoins, ou se seront évanouis, ou auront été satisfaits par les producteurs d'énergie thermique, pour lesquels la durée des aménagements nouveaux est beaucoup plus brève.

Si l'on examine en effet les diverses catégories de consommations d'énergie électrique, on s'aperçoit que les équipements nouveaux qu'il faut y réaliser sont toujours

de création beaucoup plus rapide que l'équipement producteur initial.

En se plaçant toujours au contraire en situation de suréquipement léger, le producteur hydro-électrique a pour allié le deuxième aspect de la technique capitaliste, qui est l'extrême rapidité du processus de production lui permettant de satisfaire tout besoin nouveau dès qu'il se manifeste.

Mais comment susciter ces équipements nouveaux, générateurs de nouveaux besoins ?

Comment décider les épargnes-réserve à se transformer en épargnes créatrices ?⁴

Le problème est surtout d'ordre psychologique et nous n'avons pas le loisir d'en discuter ici.

Le producteur lui-même, en désignant par ce vocable tous les consommateurs d'électricité qui l'utilisent comme capital circulant, que ce soit un distributeur, un métallurgiste, un électrochimiste, dispose, pour créer ces équipements nouveaux, de sa propre marge bénéficiaire lorsqu'elle existe, et des épargnes créatrices dont il obtiendra, grâce à son crédit, de pouvoir disposer. Nous venons de dire que les secondes obéissaient, non pas aux sollicitations directes du producteur, ce qui serait vraiment trop commode, mais à des facteurs économiques généraux d'ordre surtout psychologique. Peut-il en revanche agir sur sa marge bénéficiaire pour la créer ou l'accroître ?

Nous écartons l'hypothèse où cette marge bénéficiaire pourrait être obtenue artificiellement par des manipulations monétaires.

Le producteur ne dispose plus guère que de son esprit d'invention, son esprit d'entreprise et tous les perfectionnements techniques ou plus généralement économiques, qu'ils pourront lui suggérer.

Il peut agir sur le prix de vente par les ententes industrielles, pour en empêcher les variations désordonnées. Mais, en échange de la quiétude qu'il retire de cette stabilité des

4. Voir pour la distinction de l'épargne-réserve et de l'épargne créatrice, les ouvrages de M. Rist *Revue de morale et de métaphysique*, avril-juin, 1921, « Essais sur quelques problèmes économiques et monétaires », Sirey, 1933, et le *Précis d'économie politique* de M. Reboud, t. II, p. 450 et suiv. où se trouvent exposées les idées de M. Rist.

prix, il doit au groupement des consommateurs envisagé au sens national, et qui lui a permis par ses lois cette direction relative des prix, de se consacrer à ce qui doit être sa tâche essentielle : l'abaissement du coût de production. Là est toute la justification de l'économie individualiste.

Nous n'ajouterons que quelques mots pour préciser quelles difficultés attendent le producteur dans cette voie.

Il faut en premier lieu trouver le perfectionnement technique, tâche purement intellectuelle, ordinairement fort mal récompensée.

Il faut ensuite le réaliser, avec les moindres investissements, puisque par hypothèse, nous avons supposé qu'il n'y avait pas de marge bénéficiaire ou tout au moins qu'elle était petite. C'est ce qui fait souvent hésiter bien des entreprises, qui précisément sont dépourvus de l'esprit... d'entreprise.

Enfin, et cela est particulièrement vrai dans le domaine hydro-électrique, certains producteurs verront parfois se retourner contre eux un des effets immédiats de ces perfectionnements techniques. Nous avons montré dans le chapitre II du titre II, comment le producteur d'énergie hydro-électrique, qui est en même temps électrochimiste, trouve quelquefois peu d'intérêt à un perfectionnement technique, lorsqu'il a pour résultat de lui faire économiser de l'énergie dont il n'a que faire. Une telle excuse serait l'indice de vues bien courtes ; et les producteurs électrochimistes renoncent implicitement à l'invoquer, lorsqu'il s'organisent pour vendre leurs excédents, non seulement en été où ils sont abondants, mais en hiver, où ils sont rares, donc chers. Il peut donc être de leur intérêt d'accroître ces excédents.

Le problème, vu dans son ensemble, est, on le voit, très loin d'être simple. Nous serions heureux d'être parvenu par ce travail à y apporter quelque lumière.

Paris, le 5 octobre 1934

TABLEAU A

PRODUCTION DE L'ENERGIE

Puissance en milliers de kw. — Quantité d'Energie en millions de kwh

	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933
<i>Thermique :</i>											
Puissance installée en kva. 10 ³ :	3.229	—	2.953	—	3.767	4.936	5.241	5.592	5.500	5.900	6.200
Puissance normale disponible en kw. 10 ³ :	2.044	—	2.014	—	2.740	—	3.826	4.040	—	—	4.300
Energie produite en kwh. 10 ⁶ :	4.085	5.466	6.222	6.545	6.331	7.378	8.210	8.430	8.355	7.750	8.310
Utilisation de la puissance normale disponible :	2.000H	—	3.100H	—	2.300H	—	2.140H	2.100H	—	—	1.930H
<i>Hydraulique</i>											
Puissance installée en kva. 10 ³	1.290	—	1.263	1.719	1.954	2.045	2.211	2.228	2.256	—	2.850
Puissance normale disponible en kw. 10 ³	718	—	662	752	760	862	915	965	967	1.050	1.230
Energie produite en kwh. 10 ⁶	3.405	3.600	4.000	4.743	5.057	5.598	6.150	6.975	5.995	5.870	6.550
Utilisation de la puissance normale disponible	4.740H	—	6.000H	6.300H	6.660H	6.490H	6.700H	7.230H	6.200H	5.600H	5.330H
% Energie hydraulique :											
Total de l'énergie produite en kwh. 10 ⁶ :	45,5	40	39	42	44,3	43	43	45	42	43	44
Energie importée de l'Etranger :	7.490	9.066	10.222	11.288	11.388	12.976	14.360	15.405	14.350	13.620	14.860
Energie disponible :	253	280	307	396	467	510	606	536	607	610	530
Energie exportée à l'Etranger :	7.743	9.346	10.529	11.684	11.855	13.486	14.966	15.941	14.957	14.230	15.390
Energie consommée en France :	20	30	40	56	61	75	123	101	97	80	85
Energie consommée par habitant :	7.723	9.316	10.489	11.628	11.794	13.411	14.843	15.840	14.860	14.150	15.305
	194	231	258	285	288	327	360	379	355	339	366

CONSUMMATION D'ENERGIE

(En millions de kwh)

	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933
A. Energie consommée en basse tension :											
<i>a.</i> Lumière :	—	—	—	954	1.004	1.123	1.259	1.428	1.525	—	—
<i>b.</i> Petite force motrice :	—	—	—	880	857	886	967	1.018	1.009	—	—
<i>Total</i> basse tension :	—	—	—	1.834	1.861	2.009	2.226	2.446	2.534	—	—
B. Energie consommée en haute tension à des usages Industriels autres que la traction et l'Electrochimie											
<i>a.</i> Consommée à la sortie de l'usine :	—	—	—	1.903	1.959	2.057	2.136	2.578	2.471	2.340	2.505
<i>b.</i> Livrée par les réseaux pour usages industriels	—	—	—	3.490	3.391	4.187	4.650	4.753	4.510	—	—
<i>Total</i> haute tension autres usages :	—	—	—	5.393	5.350	6.244	6.786	7.331	6.981	—	—
C. Electrochimie et Electrometallurgie :											
<i>a.</i> Consommée à la sortie de l'usine :	—	—	—	1.490	1.428	1.512	1.521	1.465	1.077	—	—
<i>b.</i> Livrée par les réseaux :	—	—	—	612	723	1.125	1.353	1.469	1.155	—	—
<i>Total</i> :	1.500	1.600	1.850	2.102	2.151	2.637	2.874	2.934	2.232	1.770	2.015
D. Traction Electrique :											
<i>a.</i> Consommée à la sortie de l'usine :	—	—	—	246	262	266	283	316	336	—	—
<i>b.</i> Livrée par les réseaux :	—	—	—	411	508	541	620	607	624	—	—
<i>Total</i> :	—	—	—	657	770	807	903	923	960	865	875
E. Consommation nette (A+B+C+D) :	6.519	7.925	8.960	9.986	10.132	11.697	12.789	13.634	12.707	11.830	12.810
F. Pertes dans la ligne et les transformateurs :	1.204	1.391	1.529	1.642	1.662	1.714	2.054	2.139	2.153	2.320	2.495
G. Consommation brute à énergie disponible :	7.723	9.316	10.489	11.628	11.794	13.411	14.843	15.773	14.860	14.150	15.305

Vu : le Doyen,
Edgard ALLIX.

Vu : le Président de thèse,
Albert AFTALION.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris,
S. CHARLÉTY.

BIBLIOGRAPHIE

I. OUVRAGES ET COURS

- AFTALION (A.). — *Monnaie et industrie*.
— *Crises périodiques de surproduction*, 1913.
— *L'équilibre de la balance des comptes*, Cours de doctorat 1933-1934.
- AILLERET (M.). — *Législation des distributions d'énergie électrique et des forces hydrauliques*, 1932.
- ALLIX (E.). — *Science des finances et législation financière française*, 1931.
- BERNARD (E.). — *Le problème de l'azote en France*, Baillière, 1933.
- CAVAILLÈS (H.). — *La houille blanche*, Colin, 1929.
- COLIN et CAPITANT. — *Cours de droit civil*, 1932.
- DECLAREUIL. — *Histoire générale du droit français*, 1925.
- DESCHAMPS. — *La formation du libéralisme et de l'individualisme économique*, Cours de Doctorat, 1933-1934.
- DOREAU. — *L'Etat et l'énergie électrique*.
- GONNARD. — *Histoire des doctrines économiques*
- HAURIUO (M.). — *Précis de droit administratif et de droit public*, 12^e éd., 1933
- HAILSHAM (Lord). — *Halsbury's Laws of England*.
- KOECHLIN (R.). — *Mécanisme de l'eau et principes généraux pour l'établissement d'usines hydro-électriques*, Béranger, 1924.
- PACORET. — *La technique de la houille blanche et des réseaux et usines hydro-électriques*, Dunod, 1925.
- RIST. — *Essais sur quelques problèmes économiques et monétaires*, Sirey, 1933.
- ROSSIGNOL DE FARGUES. — *Les nouveaux index économiques électriques* 1934.
- TOCHON (G.). — *Les chutes d'eau*, Alcan.

II. ARTICLES DE REVUES ET CONFERENCES

- ADAM (J.H.) ou POTUT (Georges). — « Les industries électriques », R.E.P. *Annuaire de la France économique*.
- ALLIX. — « Electrification des chemins de fer français », *Revue politique et Parlementaire*, 1927, t. 130, p. 146.
- GENISSIEU. — « Influence du tarif sur la consommation, la recette et le bénéfice dans la distribution de l'énergie électrique », *Revue générale de l'électricité*. t. XXXV. n^o des 21 et 28 avril 1935.

LAURENT (J.). — *Communication sur l'utilisation intégrale des ressources hydrauliques d'un pays*. Madrid, 1931.

LHEURE. — *L'azote et les engrais nitriques en France*. Conférence du Conservatoire des Arts et Métiers, 1934.

MARLIO. — *Nos forces hydrauliques* (Conférences sur l'outillage économique de la France, 1921.

— « L'industrie électrique », *Revue des deux mondes*, novembre 1931, p. 331-362.

MAROGER (J.). — *Manifestation annuelle de houille blanche et de tourisme*, Conférence à Vienne, juin 1928.

MESTRE. — « Les problèmes juridiques de l'électricité », *Revue politique et parlementaire*, 1925, t. 123, p. 204.

MICANEL. — « Les industries de houille blanche », *Revue d'économie politique* (Annuaire de la France Economique), 1926-1933.

ROLLAND. — « L'utilisation de l'énergie hydraulique et la loi du 16 octobre 1919 », *Revue de droit public et de Société politique*, 1920, t. 37.

TOCHON. — « Le problème financier de la houille blanche », *Revue scientifique*, 1925.

Bulletin des Engrais.

Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France.

Le Four Electrique.

III. THÈSES

TOCHON. — *De l'utilisation des cours d'eau non navigables ni flottables en vue de l'établissement des usines hydrauliques*, Thèse, Paris, 1908.

COT. — *Le droit de riveraineté et la loi de 1919*, Thèse, Grenoble, 1920.

DURAND-DASTÈS. — *Le nouveau statut légal des forces hydrauliques françaises avec la loi de 1919*. Thèse, Toulouse, 1920.

GÉRIN. — *Les forces hydrauliques au point de vue économique et juridique*, Thèse Lyon, 1921.

HAURIU (H.). — *La mainmise de l'Etat sur l'énergie des cours d'eau*. Thèse, Toulouse, 1921.

CHAPPIN DE LA BRUYÈRE. — *L'industrie hydro-électrique en France*, Thèse, Paris, 1922.

GRENET. — *L'électrification des chemins de fer français*, Thèse, Paris, 1926.

GALL. — *Des modifications apportées par la loi du 16 octobre 1919 aux droits des riverains des petits cours d'eau*, Thèse, Paris, 1928.

ALBRESPY. — *Nature juridique des concessions d'énergie hydrauliques de la loi de 1919*, Thèse, Toulouse, 1929.

GALLAND. — *Les usines hydro-électriques alimentant les entreprises déclarées d'utilité publique*, Thèse, Paris, 1930.

GARNIER. — *Le Cahier des Charges des concessions de chutes d'eau*, Thèse, Paris, 1931.

RENAUD. — *L'aménagement des chutes d'eau*, Thèse, Paris, 1932.

MICHEL. — *Le problème du Rhône*, Thèse, Dijon, 1932.

IV. DOCUMENTS D'ARCHIVES OU ANNUAIRES

Notes et documents statistiques sur l'électrification rurale, Imprimerie nationale, 1933.

Rapports et annuaires de la Chambre Syndicales des Forces hydrauliques, 1924 à 1933.

Rapports du Conseil National Economique, 1^{re} et 7^e séries,

Annuaire de la Statistique générale de la France,

Annuaire de la Houille Blanche française,

Annuaire du Comité électrométallurgique de France.

Rapports du 3^e Congrès de la Houille Blanche, Grenoble, 1925.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	1
Introduction. — Données statistiques générales sur les forces hydrauliques mondiales et leur degré d'aménagement. — Définition. — Sources statistiques	3

TITRE I

LE DOMAINE HYDRO-ELECTRIQUE FRANÇAIS SES CARACTERES LES LOIS ECONOMIQUES

Chapitre I. — Considérations générales	21
<i>Section I. — Caractères économiques de l'énergie électrique en général et en particulier, de l'énergie hydro-électrique</i>	21
§ 1. Ses effets	21
a) Effets calorifiques	21
b) Effets mécaniques	22
c) Effets lumineux	23
d) Effets électrolytiques	24
§ 2. Son individualité	27
§ 3. Concomitance du phénomène de production et du phénomène de consommation	28
§ 4. Grande rigidité de l'économie hydraulique : prédominance quasi-absolue des frais fixes. — Rythme discontinu des investissements	30
§ 5. Pérennité des installations hydrauliques	32
§ 6. Echanges internationaux très réduits	33
§ 7. Analogie avec l'économie agricole. — Théories physiocratiques	36
<i>Section II. — Principaux modes de production</i>	38
§ 1. Les modes thermodynamiques	38
a) Usines thermiques proprement dites	38
b) Usines Claude-Boucherot	40
§ 2. Les modes hydrodynamiques	40
a) Les usines hydrauliques ou hydromotrices	40
b) Les usines marémotrices	42
§ 3. Les modes aérodynamiques	42

Chapitre II. — Les grandes régions du domaine hydro-électrique français	43
<i>Section I. — Dans quelle mesure nos richesses hydrauliques sont-elles actuellement aménagées ?</i>	43
Division en régions hydrauliques	44
Observations générales sur l'état actuel de l'aménagement du domaine hydro-électrique français	48
§ 1. Rhône et Alpes	50
§ 2. Pyrénées	58
§ 3. Massif Central	62
<i>Section II. — Quelle a été la progression de l'aménagement de nos richesses hydrauliques ?</i>	68
Etude des trois séries statistiques : aménagements nouveaux, capitaux investis, loyer de l'argent à long terme	72
Chapitre III. — La loi de concentration	77
<i>Section I. — La concentration sur le plan technique</i>	77
§ 1. 1 ^{er} stade : la phase artisanale	77
§ 2. 2 ^e stade : phase mi-industrielle, mi-artisanale, les grandes inventions	78
§ 3. 3 ^e stade : phase industrielle, mais persistance des petites installations	82
§ 4. 4 ^e stade : évolution de la phase industrielle : déclin des petites installations, développement des grosses installations, apparition des liaisons électriques régionales	88
<i>Section II. — La concentration sur le plan financier et l'organisation générale des entreprises</i>	94
§ 1. La spécialisation des sociétés	94
a) Sociétés productrices spécialisées	95
b) Sociétés de transport spécialisées	96
c) Organismes de vente	98
§ 2. Comment se manifeste le phénomène de concentration	100
§ 3. Données statistiques : nombre des entreprises et importance des capitaux investis	102
Chapitre IV. — La loi de substitution et la concurrence	109
<i>Section I. — Coûts de production comparés de l'énergie thermique et de l'énergie hydraulique</i>	110
§ 1. Courbes de prix et devient : a) dans la période initiale — b) après la période des amortissements	112
§ 2. Les progrès techniques des usines thermiques	115
§ 3. Conclusions	118
<i>Section II. — L'énergie thermique et l'énergie hydraulique ont-elles des domaines d'influence distincts ?</i>	121

§ 1. Applications à l'éclairage, la force motrice et le chauffage Conclusions. — Conditions de la lutte entre l'énergie hydraulique et l'énergie thermique : alliance et non concurrence	123
§ 2. Applications à la traction électrique	134
§ 3. Applications à l'électrochimie et à l'électrometallurgie ...	139
§ 4. Conclusions	144

Chapitre V. — Les lois du rendement décroissant et de la rente foncière

§ 1. Le débit optimum à capter pour une chute donnée	147
§ 2. Efforts économiques croissants : les théories de la vente du sol de Carey et Ricardo	149
§ 3. Efforts de la technique pour maîtriser la loi du rende- ment décroissant	151
§ 4. Comment peut être chiffrée l'influence de la loi du rende- ment décroissant sur le coût de production ?	156

TITRE II

LES PROBLEMES FONDAMENTAUX

Chapitre I. — Le problème juridique

§ 1. Innovation essentielle de la loi de 1919 : l'énergie élec- trique, bien spécial distinct de l'eau qui en est le support	167
§ 2. La thèse de la domanialité dans l'esprit de la loi, sinon dans le texte	167
§ 3. La nature juridique du contrat de concession ; bail d'em- phytéose, la théorie du domaine divisé	175
§ 4. Les effets accélérateur et modérateur de la loi de 1919 ...	178

Chapitre II. — Le problème financier

Section I. — Le mécanisme de l'opération financière

Les deux termes de l'opération : les avances annuelles et les annuités des consommateurs	184
---	-----

§ 1. Mode de formation du coût de production	186
a) Charges financières	187
b) Charges d'exploitation	189
Exemple numérique : importance relative des charges finan- cières, des charges fiscales, des charges d'exploitation	190
§ 2. Réalisation de l'équilibre financier	195
a) Les moyens d'action du producteur sur le prix de vente de l'énergie	196
b) Les moyens d'action du producteur sur la quantité d'énergie vendue : ajustement de la courbe de demande et de la courbe d'offre de l'énergie ; la notion qualitative d'opportunité	198
c) le coût de production de l'énergie électrique a-t-il une tendance à la hausse ?	202

Section II. — L'aide financière de l'Etat 203

- § 1. Dans l'aménagement des chutes d'eau 203
 - 1° Système des avances ou subventions de la loi du 16 octobre 1919 205
 - 2° Système des bonifications d'intérêt de la loi de finances du 31 mars 1931 206
 - 3° Système de la participation directe ou de la garantie d'intérêts 208
- § 2. A l'électrification rurale 209

Chapitre III. — Le problème économique 213

Section I. — La limitation et la révision du prix de vente par voie réglementaire 213

- § 1. Le tarif maximum de l'art. 19 216
- § 2. La tarification indiciaire 219
 - a) Le système primitif 219
 - b) La circulaire du 15 février 1928 222
 - c) Les nouveaux index économiques électriques 224

Section II. — La formation des prix de vente 233

- § 1. Différents modes de tarification : a) vente à forfait, b) vente au compteur, c) tarif binôme, d) tarification horaire 234
- § 2. Formation des prix de vente et caractères généraux des courbes de demande : études de M. Genissieu, sensibilité au tarif, notion de prix limite, loi générale, discussion 237
- § 3. La politique actuelle des prix : la circulaire ministérielle du 26 décembre 1932, les nouveaux tarifs appliqués le 1^{er} juillet 1934 (tarifs généraux et tarifs spéciaux) 247

Section III. — Les résultats et la situation actuelle du marché de l'énergie électrique 256

- § 1. Résultats d'ensemble 259
- § 2. Evolution particulière des principales catégories de consommateurs 263
 - a) Distribution haute et basse tension 263
 - α) Electrification domestique 264
 - β) Electrification rurale 267
 - b) Houillères 271
 - c) Sidérurgie 272
 - d) Electrochimie et électrometallurgie 274
 - e) Traction électrique 274
- § 3. Prévisions de consommation pour 1936 282

TITRE III
TENDANCES NOUVELLES
DU MARCHÉ DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE
LEURS CONSÉQUENCES

Chapitre I. — Schéma général d'organisation	289
<i>Section I. — Le superréseau, ossature du système</i>	289
§ 1. Avantages de la nouvelle politique suivie, quant à l'organisation du marché de l'énergie électrique	289
§ 2. Principes de fonctionnement : conception unitaire du réseau national	291
§ 3. Un exemple de réalisation : le réseau « Upepo »	293
α) Consistance du réseau et de ses moyens de régularisation	293
β) Les résultats obtenus	294
γ) Les contrats	295
§ 4. La loi du 19 juillet 1922	297
§ 5. Les grandes artères du superréseau	299
§ 6. Le terme de l'évolution	302
<i>Section II. — Les trois étages d'entreprises</i>	305
§ 1. Etage local : secteurs de distribution et usines de production	306
§ 2. Etage régional : entreprises spécialisées de transport et de distribution en gros	308
§ 3. Etage national : le superréseau, groupement de grandes sociétés de transport. — Son rôle commercial dans l'organisation des grandes transactions d'énergie. — Les marchés à terme. — Son rôle technique.	310
Chapitre II. — L'intervention de l'Etat	319
<i>Section I. — L'intervention de l'Etat au point de vue administratif et fiscal</i>	321
§ 1. Pouvoir de mise en action : les grands ouvrages, les formalités administratives, allègement des charges fiscales	321
§ 2. Pouvoir d'inhibition : contrôle et approbation des projets	323
<i>Section II. — L'intervention de l'Etat au point de vue financier</i>	325
§ 1. Le système de la loi est à réviser	325
§ 2. Les propositions antérieures	328
A) Le projet de loi de Monzie	329
B) Le contre-projet de la Commission des Mines	329
§ 3. Proposition nouvelle : Organisation d'une Caisse de Crédit hydraulique	334
Chapitre III. — L'utilisation électrochimique	341
<i>Section I. — Caractères généraux actuels de l'industrie électrochimique</i>	343

§ 1. La dispersion	344
Raisons initiales de cette dispersion — Tendances nouvelles	
Données statistiques : puissance moyenne de l'usine électrochimique française	346
§ 2. La part de l'énergie électrique dans le coût de production	
Les progrès techniques accomplis	351
Indice de prix des produits du four électrique et sa comparaison avec l'indice général des prix de gros pour la France	
L'évolution particulière des prix pour l'industrie de l'aluminium : comparaison avec les cours mondiaux et l'indice des prix nationaux	353
Commerce d'importation et d'exportation	358
<i>Section II. — Les tendances nouvelles : centres d'utilisation électrochimiques</i>	
Le principe : utilisation de la tendance à l'unité de prix pour rechercher les meilleures conditions économiques générales	361
§ 1. Considérations économiques : situation géographique réalisant les conditions optima de transport suivant la nature des produits fabriqués et l'origine des matières premières	
Les théories de la productivité marginale et les éliminations ou transformations d'équipement	361
§ 2. Considérations techniques : fabrications souples, rigides et semi-rigides	365
Groupement de cycles connexes	368
§ 3. Emplacement et monographie sommaire des centres d'utilisation proposés	370
a) Centre d'Orléans : entreprise monomorphe	370
L'industrie de l'azote nitrique : capacité de production et consommation nationale	371
La politique protectionniste	373
Schéma d'une usine nitrique de 20.000 tonnes d'azote par an — prix de revient	377
b) Centre de Marseille : entreprise polymorphe	379
1 ^{er} cycle — Fabrication de l'aluminium	380
2 ^e cycle — Fabrication de l'alumine, éventuellement de l'acide phosphorique	381
3 ^e cycle — Fabrication du chlorate de soude avec récupération de l'hydrogène	383

CONCLUSIONS

Particularités de la technique capitaliste dans la création des nouveaux équipements	387
--	-----

BIBLIOGRAPHIE	399
----------------------------	-----

